

# MEJORAMIENTO DE LA PRECISIÓN DE LA MEDIA DEL *MAKESPAN* UTILIZANDO SECUENCIAS ANTITÉTICAS

M.C. Abdullateef Gari<sup>1</sup>, Dr. Rafael Moras<sup>2</sup>, P.E., Dr. Ángel E. Esparza<sup>3</sup>, Dr. Paul X. Uhlig<sup>4</sup>

## Resumen

El propósito de esta investigación fue el mejorar la precisión del estimado de la media del *makespan* en sistemas de ensamble tipo taller. Un par de secuencias antitéticas es aquél que contiene: (1) una secuencia de  $n$  trabajos en determinado orden  $y$ ; (2) una segunda secuencia obtenida al programar los trabajos en el orden inverso al original. Mostramos que el uso de pares de secuencias antitéticas rinde una mejor evaluación del estimado del *makespan* que el obtenido al promediar secuencias meramente aleatorias.

## Introducción

Los problemas de secuenciación generalmente consisten en decidir en qué forma deben ser programadas las secuencias dada alguna función objetivo que puede ser la de minimizar el *makespan* (el tiempo total de producción), el tiempo de flujo promedio de las actividades o trabajos, la demora (si es que hay plazos para los trabajos), entre otras.

La solución de problemas de *makespan* constituye un desafío computacional debido a que los cálculos usando métodos matemáticos pueden llegar a ser imprácticos y complejos de probar. Ashour (1970) recomendó el uso de la simulación Monte Carlo para determinar el mejor *makespan*. Charles (1978) continuó tal línea de investigación y sugirió que el uso de secuencias antitéticas puede hacer que los estimados del *makespan* promedio converjan con mayor velocidad, comparado con el desempeño de secuencias aleatorias. En la presente investigación, se evaluó la efectividad del uso de pares de secuencias aleatorias en el cálculo del *makespan* promedio. Así, se utilizaron: (1)  $n$  secuencias escogidas aleatoriamente  $y$ ; (2)  $n/2$  pares de secuencias antitéticas en los que en cada par, la secuencia anversa fue escogida al azar mientras que la secuencia inversa es la resultante de invertir el orden de la anversa. Las secuencias se obtuvieron de una población de las 720 posibles combinaciones en que podían ser programados seis trabajos en cuatro máquinas.

## Programa Generador de Secuencias

Parada (2010) desarrolló un programa generador de secuencias en Excel que permite especificar los tiempos de procesos de seis trabajos que se desarrollan secuencialmente en cuatro máquinas. El programa entonces calcula para cada una de las 720 secuencias el *makespan*, la tardanza promedio, y el tiempo de flujo promedio, de tal manera que los cálculos son instantáneos.

## Problema Estudiado

El objetivo fue el determinar si el uso de  $n/2$  pares antitéticos de secuencias seleccionados al azar produciría un estimado más preciso del *makespan* que aquél obtenido promediando  $n$  secuencias elegidas al azar. Se consideraron problemas con seis trabajos y cuatro máquinas procesadoras, cuyos tiempos de proceso fueron generados de acuerdo a una distribución uniforme  $U(1,100)$ , de números enteros. En la Tabla 1 mostramos un problema así generado, y presentamos ahora como ejemplo la secuencia 1-2-3-4-5-6. El número 23 es el tiempo de proceso del trabajo 1 en la máquina 1. Los números 34, 13, y 24, indican los tiempos de proceso del trabajo 1 en las restantes máquinas. Los números 0-23, 23-57, 57-70 y 70-94 son los tiempos de inicio y finalización de los procesos del trabajo 1 and las cuatro máquinas, respectivamente. El trabajo 2 en la máquina 1 muestra un tiempo de inicio de 23, dado que es preciso que espere a que el primer trabajo sea terminado. El *makespan* de la secuencia 1-2-3-4-5-6 es 575 minutos, que corresponde al momento en que el último trabajo se despacha en la última procesadora. Un análisis similar, pero para la secuencia inversa, 6-5-4-3-2-1, se presenta en la Tabla 2. El *makespan* de esta serie de actividades es de 403, un resultado considerablemente menor al anterior.

<sup>1</sup> Graduado de la Maestría en Ingeniería Industrial, St. Mary's University of San Antonio

<sup>2</sup> Profesor y Director de Maestrías de Ing. Industrial y Administrativa, St. Mary's University [rmoras@stmarytx.edu](mailto:rmoras@stmarytx.edu) (corresponsal)

<sup>3</sup> Ingeniero de Investigación, Southwest Research Institute y Profesor Adjunto, St. Mary's University [aesparza7@stmarytx.edu](mailto:aesparza7@stmarytx.edu)

<sup>4</sup> Profesor de Matemáticas, St. Mary's University [puhligh@stmarytx.edu](mailto:puhligh@stmarytx.edu)

SEQ1	M1	M2	M3	M4	DUE								
123456	1	23	34	13	24	293	-293.3333						
	2	88	22	50	23	282							
	3	87	23	1	6	300	5084.17						
	4	45	34	55	67	473							
	5	14	2	23	88	286							
	6	50	3	4	88	383							
		M1		M2		M3		M4					
		ST1	FT1	ST2	FT2	ST3	FT3	ST4	FT4	Due	Tardy	Late	
1		0	23	23	57	57	70	70	94	293	0	-199	
2		23	111	111	133	133	183	183	206	282	0	-76	
3		111	198	198	221	221	222	222	228	300	0	-72	
4		198	243	243	277	277	332	332	399	473	0	-74	
5		243	257	277	279	332	355	399	487	286	201	201	
6		257	307	307	310	355	359	487	575	383	192	192	
											123456	65.50	-4.67

Tabla 1. Tiempos de los procesos en minutos.

	M1	M2	M3	M4	DUE								
654321	6	50	3	4	88	383	-293.3333						
	5	14	2	23	88	286							
	4	45	34	55	67	473							
	3	87	23	1	6	300							
	2	88	22	50	23	282							
	1	23	34	13	24	293							
		M1		M2		M3		M4					
		ST1	FT1	ST2	FT2	ST3	FT3	ST4	FT4	Due	Tardy	Late	
6		0	50	50	53	53	57	57	145	383	0	-238	
5		50	64	64	66	66	89	145	233	286	0	-53	
4		64	109	109	143	143	198	233	300	473	0	-173	
3		109	196	196	219	219	220	300	306	300	6	6	
2		196	284	284	306	306	356	356	379	282	97	97	
1		284	307	307	341	356	369	379	403	293	110	110	
											654321	35.50	-41.83

Tabla 2. Secuencia inversa de los tiempos de procesos en minutos.

### Experimentos

Se utilizaron problemas cuyos tiempos de procesos fueron generados al azar con la distribución  $U(1,100)$ . Para contar con problemas representativos, se eligieron seis problemas con las siguientes características:

- Dos problemas tenían un coeficiente de correlación,  $r$ , relativamente pequeño entre los *makespans* de las secuencias anversas e inversas;
- Otros dos problemas cuyo coeficiente de correlación era moderado; y
- Dos problemas con un valor alto de  $r$ .

El primer problema tenía el elevado coeficiente  $r=0.80$ . En la tabla 3 se muestran los tiempos de proceso calculados en este problema.

	M1	M2	M3	M4
1	23	34	13	24
2	88	22	50	23
3	87	23	1	6
4	45	34	55	67
5	14	2	23	88
6	50	3	4	88

Tabla 3. Problema 1, con  $r=0.80$

En la tabla 4 mostramos un resumen del análisis estadístico de las 720 secuencias para el Problema 1. La información incluye valores promedio (460.8 minutos), desviación estándar (48.6 minutos), mínimo (337 minutos) y máximo (576 minutos) del *makespan*.

Promedio	460.8
Error estándar	1.8
Mediana	463.0
Moda	463.0
Desviación estándar	48.6
Rango	239.0
Mínimo	337.0
Máximo	576.0

Tabla 4. Análisis estadístico de las 720 secuencias del problema 1.

Se escogieron 35 pares de secuencias en forma aleatoria (Tabla 5). El valor absoluto de la diferencia entre la media estimada y la verdadera media era de 460.7 minutos. Por ejemplo, el primer par de *makespans* fue 430 y 495. La media de este par fue 462.5 minutos y tiene una desviación absoluta de 1.7 minutos con respecto a la media verdadera. El siguiente paso fue el generar 35 secuencias en forma aleatoria, y para cada una, formar un par con su respectiva secuencia antitética. Usamos entonces una prueba *t* tomando en cuenta los resultados de los 35 pares de secuencias independientes y los 35 pares antitéticos. La prueba de hipótesis fue la siguiente:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

$$\text{Rechazar } H_0 \text{ si } t_0 > t_{\alpha/2, n_1+n_2-2}$$

	<i>Pares independientes</i>	<i>Pares antitéticos</i>
Promedio	28.4	11.0
Varianza	342.3	45.8
Observaciones	35.0	35.0
Hypothesis de la Diferencia Promedio	0.0	
Grados de libertad	43.0	
t Stat	5.2	
P(T<=t) -una cola	0.0	
t Critica- una cola	1.7	

Tabla 5. Resultados obtenidos en Excel de la prueba de hipótesis.

Dado que  $t_0 = 5.2$  y  $t_{\alpha/2, n_1+n_2-2} = 1.7$ , se rechazó la hipótesis nula y se concluyó que el promedio obtenido en el grupo de secuencias fue más preciso que el obtenido de los pares independientes.

Llevamos a cabo también pruebas de hipótesis con la distribución *F* para comparar las desviaciones estándar obtenidas en los dos grupos. Las desviaciones estándar de los pares independientes y de los antitéticos fueron 34.1 y 12.9, respectivamente, mientras que la prueba de hipótesis fue formulada como sigue:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 > \sigma_2^2$$

$$\text{Reject } H_0 \text{ if: } F_0 > F_{\alpha/2, n_1-1, n_2-1}$$

Los resultados de la prueba de hipótesis que arrojó Excel (Tabla 7) nos revelan que  $F_0 = 6.9$  and  $F_{\alpha, n_1-1, n_2-1} = 1.8$ . Dado que  $F_0 > F_{\alpha, n_1-1, n_2-1}$ , se rechazó la hipótesis nula en favor de la alternativa. El resultado es una indicación adicional de que la variabilidad obtenida al promediar pares antitéticos es apreciablemente menor a la que se calcula con pares independientes.

Al examinar los otros cinco problemas, los resultados obtenidos fueron equivalentes. En todos los casos, las pruebas de hipótesis de promedios y de desviaciones estándar revelaron las mismas conclusiones. Las tablas de tiempos de proceso de los problemas analizados se incluyen en el Apéndice.

SEQ#	Makespan	Mean	mean-true mean	avg( mean-true mean )	stdev	SEQ#	Makespan	Inv. Maks	Mean	mean-true mean	avg( mean-true mean )	stdev
390	430	462.5	1.7	28.4	34.1	92	463	477	470.0	9.2	11.0	13.0
408	495		39.7			226	576	353	464.5	3.7		
419	464	500.5	25.8			280	498	430	464.0	3.2		
432	537		55.2			686	463	441	452.0	8.8		
79	440	435	55.3			332	477	463	470.0	9.2		
518	430		1.3			391	383	514	448.5	12.3		
225	576	516	32.2			411	464	440	452.0	8.8		
629	456		12.3			498	511	456	483.5	22.7		
645	359	405.5	8.7			352	402	537	469.5	8.7		
299	452		4.2			359	501	477	489.0	28.2		
17	463.00	459.5	57.8			434	457	436	446.5	14.3		
22	456.00		27.7			490	425	494	459.5	1.3		
404	476	493	33.3			500	430	463	446.5	14.3		
568	510		39.7			241	514	383	448.5	12.3		
259	515	448.5	39.8			279	537	360	448.5	12.3		
623	382		23.2			484	430	489	459.5	1.3		
680	463	469.5	30.8			486	430	498	464.0	3.2		
323	476		44.8			614	382	514	448.0	12.8		
338	501	465	36.2			636	433	463	448.0	12.8		
704	429		14.3			102	498	430	464.0	3.2		
371	403	403	8.7			443	538	402	470.0	9.2		
461	403		21.2			149	537	402	469.5	8.7		
146	575	488.5	31.8			242	514	383	448.5	12.3		
513	402		15.8			255	511	418	464.5	3.7		
180	495	427.5	2.7			155	501	402	451.5	9.3		
609	360		58.7			73	440	457	448.5	12.3		
287	538	500.5	8.8			197	463	430	446.5	14.3		
674	463		28.2			265	440	457	448.5	12.3		
315	440	421	9.2			653	463	467	465.0	4.2		
352	402		42.8			362	403	575	489.0	28.2		
376	473	484	22.7			548	472	456	464.0	3.2		
408	495		13.8			567	430	463	446.5	14.3		
84	366.00	430	54.8			599	356	537	446.5	14.3		
131	494		24.2			253	514	382	448.0	12.8		
508	430	416	67.8			194	456	511	483.5	22.7		
537	402											
211	537	497										
625	457											
366	430	446.5										
675	463											
36	510	469.5										
54	429											
133	501	482										
183	463											
187	456	429										
549	402											
213	456	445										
295	434											
414	464	463.5										
212	463											
2	575	519.5										
410	464											
413	464	452										
61	440											
506	402	489										
226	576											
659	463	470										
311	477											
298	434	418										
531	402											
404	430	483.5										
125	537											
603	383	447										
255	511											
619	382	406										
334	430											
27	536	485										
407	434											
581	356	393										
588	430											

Tabla 6. Análisis estadístico.

	<i>Pares independientes</i>	<i>Pares antitéticos</i>
Promedio	457.7	459.6
Varianza	1165.0	168.5
Observaciones	35.0	35.0
Grados de libertad	34.0	34.0
F	6.9	
P(F<=f)- una cola	0.0	
F Crítica- una cola	1.8	

Tabla 7. Resultados de la prueba de hipótesis F.

### Conclusión

El análisis estadístico aquí presentado parece ser determinante y conlleva a la conclusión de que los estimados de la media del *makespan* son más precisos cuando se utilizan pares de secuencias antitéticas. Entre las variaciones de este problema que deben ser exploradas por investigadores interesados están: (1) el explorar problemas de tamaño mayor a los aquí analizados; (2) el investigar el efecto que tiene el que muchos de los valores de *makespan* sean comúnmente repetidos (e.g., es frecuente tener un número pequeño de valores únicos en las  $n!$  secuencias de un problema determinado); (3) el considerar otras medidas de desempeño tales como el tiempo de flujo promedio y la tardanza.

### REFERENCIAS

1. B. L. MacCarthy and J. Liu. Addressing the Gap in Scheduling Research: A Review of Optimizations and Heuristic Methods in Production Scheduling. *International Journal of Production Research*, **31**, 59-79 (1993).
2. R. D. Smith and R. A. Dudek. A General Algorithm for the Solution of the  $n$ -job,  $m$ -machine Sequencing Problem of the Flowshop. *Operations Research*, **15**, 71-82 (1967).
3. P. Gilmore and R. E. Gomory. Sequencing of One State-Variable Machine. *Operations Research Quarterly*, **12**, 655-679 (1964).
4. S. S. Panwalkar and A. W. Khan. An Improved Branch-and-Bound Procedure for  $n \times m$  Flowshop Problems. *Naval Research Logistics Quarterly*, **22**, 787-790 (1975).
5. K. R. Baker. *Introduction to Sequencing and Scheduling*. Wiley, New York (1974).
6. E. Ignall and L. Schrage. Application of Branch-and-Bound Techniques to Some Flowshop Scheduling Problems. *Operations Research*, **13**, 400-412 (1965).
7. G. B. McMahon and P. G., Burton. Flowshop Scheduling With Branch-and-Bound Method. *Operations Research*, **15**, 1967, 473-481 (1967).
8. D. S. Palmer. Sequencing Jobs Through a Multistage Process in the Minimum Total Time -- A Quick Method of Obtaining a Near Optimum. *Operations Research Quarterly*, **16**, (1965).
9. J. N. D. Gupta. A Functional Heuristic Algorithm for Flowshop Scheduling Problems. *Operations Research Quarterly*, **22**, 1 (1971).
10. H. G. Campbell, R. A. Dudek, and M. L. Smith. Development of a Heuristic Algorithm for the  $n$ -job,  $m$ -machine sequencing problem. *Management Science*, **16**, B630-B637 (1970).
11. M. Navaz, E. Enscore, and I. Ham. A Heuristic Algorithm for the  $m$ -machine,  $n$ -job Flowshop Sequencing Problem. *Omega*, **11**, (1982).
12. S. Ashour. An Experimental Investigation and Comparative Evaluation of Flowshop Sequencing Techniques. *Operations Research*, **18**, 541-549 (1970).
13. J. Heller. Some Numerical Experiments for an  $M \times J$  Flowshop and Its Decision Theoretical Aspects. *Operations Research*, **8**, 178-184 (1960).
14. S. E. Elmaghraby. The Sequencing of  $n$  Jobs on  $m$  Machine Parallel Processors, Research Memorandum, North Carolina State University (1968).
15. C. Pulle. An Analysis of Interrelationships of Multiple Criteria in a Flowshop With Setup Sequence Dependence. Ph.D. Dissertation, Texas Tech University (1982).
16. B. Giffler, G. L. Thompson, and V. Van Ness. Numerical Experience with Linear and Monte Carlo Algorithms for Solving Scheduling Problems. In *Industrial Scheduling*, (J. F. Muth and G. Thompson (Eds.), Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey (1963).
17. D. G. Dannenbring. An Evaluation of Flowshop Sequencing Heuristics *Management Science*, **23**, 1174-1182 (1977).
18. O. E. Charles. Investigation of Random Sampling of Flowshop Sequencing. M.S. Thesis, Texas Tech University (1978).

19. S. B. Bahouth and B. L. Foote. Managing a Two-Bottleneck Job Shop With a Two-Machine Flow Shop Algorithm, International J. of Production Research, **32**, 2463-2477 (1994).

**APPENDICE: Tiempos de proceso de los problemas adicionales**

	M1	M2	M3	M4
1	71	43	7	47
2	60	90	29	99
3	71	45	14	90
4	37	15	78	92
5	38	23	5	3
6	50	84	86	51

	M1	M2	M3	M4
1	62	46	48	66
2	38	71	87	55
3	54	23	20	59
4	17	13	13	79
5	25	76	16	94
6	77	41	30	53

	M1	M2	M3	M4
1	18	20	12	76
2	12	94	51	55
3	93	3	23	37
4	30	1	85	68
5	36	29	84	59
6	7	100	55	56

	M1	M2	M3	M4
1	97	46	64	54
2	91	82	98	54
3	60	78	1	97
4	82	45	73	11
5	49	58	91	47
6	51	59	36	42

	M1	M2	M3	M4
1	72	42	32	9
2	8	42	62	35
3	13	47	95	54
4	84	83	72	78
5	67	69	59	95
6	38	15	57	29

## Satisfacción del cliente: clasificación de los elementos o características de un servicio en términos de los atributos de calidad de Kano

Ing. Cesar Michel Gasca Barrueta<sup>1</sup>, Dr. Manuel Arnoldo Medina Rodriguez<sup>2</sup> Ing. Oscar Humberto Salcedo<sup>3</sup>

**Resumen**— La presente investigación se presenta la aplicación del método de Kano para la clasificación de las características del servicio de un organismo certificador de sistemas de gestión de la calidad. El interés de esta investigación se fundamenta en la intención de obtener un mayor conocimiento sobre las características que conforman el servicio basado en la satisfacción del cliente. La investigación se llevó a cabo con los clientes del organismo certificador, certificados bajo la norma internacional ISO 9001 y de cualquier sector industrial. El análisis del resultado permitió clasificar las características del servicio en términos de los atributos de calidad; atractivos, unidimensionales o rendimiento, obligatorios, indiferente, reversible y neutral.

**Palabras clave**—Satisfacción del cliente, método de Kano, características.

### Introducción

La globalización en los negocios, ha traído como consecuencia un mercado altamente competitivo, colmado de nuevos retos para las organizaciones. La supervivencia de las organizaciones depende en gran medida de su capacidad para reaccionar y adaptarse rápidamente a los cambios en los mercados y modelos de negocio, adquiriendo un profundo conocimiento de las necesidades y expectativas del cliente y desarrollando productos o servicios nuevos o mejorando los ya existentes.

Uno de los factores claves para lograr el éxito de un producto o servicio y de una organización en el mercado, es la satisfacción de los clientes, la cual es una estrategia de negocios que motiva la lealtad y retención de los clientes a largo plazo, aporta numerosos beneficios a las organizaciones y contribuye al logro de los objetivos del negocio como la rentabilidad y diferenciación de la organización en el mercado del resto de sus competidores. La satisfacción de los clientes se logra a través de la entrega de productos o servicios que cumplan o excedan la necesidad y expectativas del cliente.

Un producto o servicio está constituido por diversas características y es probable que al hablar de un mismo producto o servicio, no todas las características tengan el mismo impacto dentro de la satisfacción del cliente. Para Noriaki (Kano, 1984) un académico japonés las características de un producto o servicio pueden ser clasificadas en cinco atributos de calidad, los cuales son: atractivo, unidimensional o rendimiento, obligatorio, indiferente y reversible.

El presente artículo expone un caso de estudio que se realizó con los clientes certificados en ISO9001 y de cualquier sector industrial de un organismo certificador de sistemas de gestión de la calidad. El objetivo de la investigación consistió en clasificar las características del servicio en términos de los atributos de calidad que Kano definió mediante la aplicación del método de Kano. Las características del servicio que se estudiaron fueron las siguientes: entrega del reporte de la auditoría y demás documentación en el tiempo acordado, documentación de la auditoría en idioma español, acceso a un sistema de información en línea, llevar a cabo una pequeña parte de la auditoría vía remota, agregar de forma gratuita tiempo a la auditoría, cambio de fecha de auditoría al previamente programado con cargo extra y premiar la lealtad de los clientes mediante pases a una conferencia de calidad o de negocios. La clasificación de las características del servicio fue posible mediante la aplicación del cuestionario funcional y disfuncional de Kano a sesenta y seis clientes certificados en ISO 9001 y de cualquier sector industrial. Los datos resultantes de la aplicación de los cuestionarios fueron analizados con la ayuda del software estadístico MINITAB®. El análisis de los resultados mostró que se clasificaron 4 atributos atractivos (A), 1 atributo inverso (INV), 1 atributo de rendimiento o unidimensional (U) y 1 atributo indiferente (I). Las características que conforman el servicio son considerados por el cliente en términos de los atributos de calidad de Kano de la siguiente manera: tienen la siguiente clasificación : la documentación de la auditoría en idioma español (A), acceso a un sistema de información en línea (A), llevar a cabo una pequeña parte de la auditoría vía remota (A), premiar la lealtad de los clientes mediante pases a una conferencia de calidad o de negocios (A), cambio de fecha de auditoría al previamente programado con cargo extra (INV), entrega

<sup>1</sup> Cesar Michel Gasca Barrueta Ingeniero Estudiante de maestría, División Posgrado Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez.  
michelgasca@msn.com

(autor corresponsal)

<sup>2</sup> Dr. Manuel Arnoldo Medina Rodriguez<sup>2</sup>. Profesor División Posgrado Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez.

[Manuel\\_rodriguez\\_itcj@yahoo.com](mailto:Manuel_rodriguez_itcj@yahoo.com)

<sup>3</sup> Ing. Oscar Humberto Salcedo, Investigador de la Universidad de Texas en El Paso. (salcedo@utep.edu)

del reporte de la auditoría y demás documentación en el tiempo acordado (U) y finalmente la característica de agregar de forma gratuita tiempo a la auditoría (I).

### **Marco Teórico**

#### *Satisfacción del cliente*

La satisfacción del cliente se conceptualiza como el significado de una transacción específica basado en la experiencia del cliente respecto a un servicio (Cronin, 1992). Por lo cual la satisfacción del cliente es un juicio (Yi, 2000), que resulta de una respuesta cognitiva que se produce en un cierto tiempo (Giese, 2002).

Kotler, 2000 citado en (Angelova, 2011) define a la satisfacción del cliente como el sentir, placer o decepción de los clientes que resulta al comparar el producto recibido en relación con sus expectativas, dicho de otra manera la satisfacción del cliente está en relación con el nivel del estado de ánimo de un cliente resultante al comparar sus expectativas con el producto o servicio adquirido (Angelova, 2011), De acuerdo con Hansemark y Albinsson citado en (Angelova, 2011) la satisfacción del cliente es una actitud general hacia un proveedor de servicio o producto o reacción emocional, ante la diferencia entre lo que el cliente anticipa y lo que recibe, respecto al cumplimiento de alguna necesidad, meta o deseo. Alok (Rai, 2013) define la satisfacción del cliente como resultado del proceso, de cuando el cliente compara sus percepciones del funcionamiento actual del servicio o producto contra sus expectativas. Por lo cual la satisfacción del cliente consiste en un proceso de evaluación cognitiva que lleva a cabo el cliente en relación al producto o servicio adquirido. Podemos resumir, que la satisfacción del cliente, está directamente relacionado con las expectativas y la percepción del cliente, vinculado a un producto o servicio.

#### *Atributos de calidad de Kano*

Un académico japonés (Kano, 1984), refinó el concepto de calidad. Kano desarrolló un modelo de calidad bidimensional, en el cual estableció cinco atributos de calidad, los cuales se basan en el supuesto de la existencia de una relación asimétrica y línea curva entre el rendimiento del atributo de calidad del producto sobre la satisfacción del cliente.

Los atributos de calidad de un producto o servicio que Kano, definió fueron los siguientes: atractivo, unidimensional o rendimiento, obligatorio, indiferente y reversible. Es atractivo si la característica está presente en el producto o servicio conduce a niveles altos de satisfacción, sino está presente impacta de manera neutral en la satisfacción, es unidimensional o rendimiento cuando la satisfacción del cliente aumenta o disminuye si la característica está presente o ausente, por lo cual es proporcional, obligatorio cuando la característica no está presente en el producto o servicio conduce a niveles altos de insatisfacción, sin embargo si la característica está presente no conduce a la satisfacción del cliente, indiferente cuando la satisfacción del cliente no se ve afectada de manera positiva o negativa sin importar si la característica está o no presente en el producto o servicio y reversible cuando la presencia de la característica en el producto o servicio impacta negativamente en la satisfacción del cliente y cuando no está presente, contribuye de manera positiva en la satisfacción del cliente.

#### *Cuestionario de Kano*

Es una herramienta que permite obtener datos sobre la percepción del cliente relacionada con los elementos que conforman a un producto o servicio, el cual tiene un enfoque capaz de clasificar dichos elementos en términos de los atributos de calidad (Muthusamy, 2012). El cuestionario está estructurado con un par de preguntas formuladas en sentido positivo (funcional) y negativo (disfuncional), relacionadas con los elementos del producto o servicio. El par de preguntas están estructuradas de tal manera que la pregunta en forma positiva, capta la percepción del entrevistado, en relación al cumplimiento o grado de cumplimiento del elemento, en el producto o servicio, la segunda pregunta formulada en sentido negativo, tiene la finalidad de captar la percepción del cliente en relación a la ausencia o grado de incumplimiento del elemento en el producto o servicio no cumple con la función o característica determinada. Las respuestas a cada pregunta funcional o disfuncional, tienen una escala de Likert de cinco puntos, en el cual, el encuestado puede elegir de las siguientes opciones: Me gusta, Es algo básico, Me da igual, No me gusta, pero puedo vivir sin ello y No me gusta y no lo tolero.

#### *Tabla de Kano*

La tabla de Kano (Kano, 1984), tiene la capacidad y el objetivo de clasificar los atributos de calidad, mediante el ordenamiento de las respuestas de cada par de preguntas. La tabla de evaluación se conforma de veinticinco categorías por cada pregunta positiva (en presencia de la característica) y pregunta negativa (en ausencia de la característica). La tabla incorpora una categoría nueva llamada dudosa o cuestionable (esquina superior izquierda y esquina inferior derecha), esto es, porque no es razonable que los encuestados tengan la misma respuesta para la pregunta positiva y negativa, respecto al elemento producto o servicio, es decir sería un tanto contradictorio o bien, esto también pudiera

significar que la pregunta no fue formulada adecuadamente o los encuestados no entendieron plenamente la pregunta (Hinterhuber, 1996).

PERCEPCION DEL CLIENTE		DISFUNCIONAL				
		1. me gusta	2. es de esperarse	3. neutral (me da igual)	4. lo tolero (puedo vivir sin ello)	5. no me gusta
FUNCIONAL	1. me gusta	Q	A	A	A	O
	2. es de esperarse	R	I	I	I	M
	3. neutral (me da igual)	R	I	I	I	M
	4. lo tolero (puedo vivir sin ello)	R	I	I	I	M
	5. no me gusta	R	R	R	R	Q

A= ATRACTIVO	O= UNIDIMENSIONAL (O DE RENDIMIENTO)
M= DEBE SER	Q= RESULTADO CUESTIONABLE
R= REVERSIBLE	I= INDIFERENTE

Figura 1. Tabla de Kano.

### Descripción del Método

Como primer paso para realizar la investigación, se estudiaron diversos conceptos relacionados con la satisfacción del cliente y su impacto, percepción, concepto de calidad, atributos de calidad de Kano, cuestionario y tabla de Kano, Se elaboró un par de cuestionarios, uno en sentido funcional, es decir en presencia de la característica en el servicio y uno disfuncional, en ausencia de la característica en el servicio. El formato de respuesta que se definió para cada pregunta fue una escala Likert de cinco puntos; Me gusta, Es algo básico, Me da igual, No me gusta, pero puedo vivir sin ello y No me gusta y no lo tolero, es decir el cliente podía elegir una opción de entre 5 por cada pregunta.

El cuestionario fue aplicado mediante correo electrónico, al tamaño total de clientes, certificados en ISO 9001 y de cualquier sector industrial, el cual ascendió a la cantidad de sesenta y seis clientes, como se muestra en la siguiente tabla:

CÓDIGO IAF	NÚMERO DE ORGANIZACIONES	SECTOR INDUSTRIAL
7	2	Papel y productos de papel
14	6	Productos de plástico
17	14	Fabricación de productos metálicos
18	8	Maquinado y equipo
19	4	Equipamiento eléctrico y óptico
28	2	Construcción
29	4	Comercio al por mayor y al por menor
35	22	Otros servicios (i.e servicios aduanales, sorteo y re-trabajo, etc.)
37	2	Educación
38	2	Sector salud y trabajo social
Total		66

Figura 2. Número de clientes por sector industrial.

Las respuestas de los clientes fueron positivas puesto que todos los clientes contestaron las encuestas. El cuestionario en sentido funcional fue enviado a la mitad de los clientes y a la otra mitad de los clientes, se les envió el cuestionario en sentido disfuncional, es decir, por ejemplo para el caso del código industrial de fabricación de productos metálicos se encuestó a siete clientes con el cuestionario en sentido funcional y a los otros siete con el cuestionario en sentido disfuncional. Los datos recopilados se fueron ordenando por columnas como lo muestra la siguiente figura:

	C1	C2	C3
	Codigo IAF	1 Funcional	1 Dstfuncional
1	7	1	4
2	14	1	5
3	14	2	5
4	14	1	5
5	17	1	5
6	17	2	5
7	17	1	5
8	17	1	5
9	17	1	5
10	17	1	5
11	17	1	5
12	18	1	2
13	18	1	2
14	18	1	2
15	18	2	2
16	19	1	5
17	19	1	5
18	28	1	5
19	29	2	2
20	29	1	2

Figura 3. Datos ordenados

La anterior figura muestra las respuestas a la pregunta número 1. La codificación del formato de respuesta por cada pregunta fue la siguiente: 1) Me gusta, 2) Es algo básico, 3) Me da igual, 4) No me gusta, 5) pero puedo vivir con ello, 5) No me gusta y no lo tolero. Posteriormente se demostró que las respuestas funcionales y disfuncionales para la pregunta 1, no tienen relación alguna mediante la aplicación del método de regresión lineal, dado que el valor de P-value es .735 del análisis de regresión lineal, es decir mayor a .05, por lo cual se puede concluir que para las respuestas de la pregunta uno, no existe relación entre las respuestas funcionales y disfuncionales. Para nuestra investigación es algo positivo, puesto que una relación significaría que los encuestados contestan lo mismo en ausencia o presencia de la característica y la pregunta se tendría que reformular. La prueba de regresión lineal fue aplicada a cada una de las respuestas funcionales y disfuncionales. Los resultados de cada pregunta se fueron colocando utilizando la tabla de Kano, para clasificar las características del servicio en términos de los atributos de calidad de Kano. Cada una de las respuestas de cada pregunta se fue colocando en la tabla de Kano, con la finalidad de obtener la clasificación en términos de los atributos de Kano.

**Resultados**

La clasificación de las características del servicio en términos de los atributos de Kano, se obtuvieron mediante la aplicación de la tabla de Kano, como se muestran la figura 4.

TABLA DE KANO PARA LA RESPUESTAS A LA PREGUNTA 1					
RESPUESTAS FUNCIONALES	RESPUESTAS DISFUNCIONALES				
	1	2	3	4	5
	1	.....		.	.....
	2	....		..	...
	3				
	4				
5					

Figura 4. Utilización de la tabla de Kano para la clasificación de la característica.

Sucesivamente para cada pregunta se fue aplicando la tabla, para cada respuesta funcional y disfuncional. Finalmente se obtuvieron los resultados mostrados en la figura 5.

Num.	Característica del servicio	A	O	U	Inv	D	I	T	C
1.	Si el auditor le entregara el reporte y demás documentación de la auditoría en el tiempo acordado. Cómo se sentiría usted?	6	3	18			6	66	U
2.	Si los reportes de auditoría, no conformidades, agenda de auditoría y demás documentación relacionada con la auditoría estuvieran en idioma español. Cómo se sentiría usted?	13	4	7		2	7	66	A
3.	Si tuviera acceso de forma gratuita a un sistema de información en línea (internet), para consultar información sobre no conformidades que han sido identificadas en otras organizaciones y la forma en que han sido resueltas mediante acciones correctivas, cómo se sentiría usted?	25		2		1	5	66	A
4.	Si en la auditoría, el auditor le ofreciera de forma gratuita aumentar medio día mas el tiempo de auditoría al previamente programado, cómo se sentiría usted?	10	3		3	4	13	66	I
5.	Si una pequeña parte de la auditoría, se llevara a cabo de forma remota, es decir utilizando alguna herramienta tecnológica como por ejemplo Skype, cómo se sentiría usted?.	21			3	3	6	66	A
6.	Si deseara cambiar la fecha de auditoría previamente programada y se le ofreciera reprogramarla con cargo extra, cómo se sentiría usted?.	1	3		14	2	13	66	Inv
7.	Si AQA/ORION le obsequiara boletos para una conferencia de calidad o de negocios sobre algún tema de su interés como recompensa a su lealtad como cliente, cómo se sentiría usted?.	28		2		2	1	66	A

Figura 5. Clasificación de las características del servicio obtenida con la tabla de Kano. Significado de los encabezados de las columnas: A, atractivo; O, obligatorio; U, unidimensional; Inv., atributo inverso; D, pregunta dudosa; I indiferente; T, total de respuestas; C, clasificación de la característica para los 66 clientes.

### Conclusión

Se concluye que mediante la aplicación del método de Kano se obtuvieron 4 atributos atractivos (A), 1 atributo inverso (INV), 1 atributo de rendimiento o unidimensional (U) y 1 atributo indiferente (I). los atributos atractivos en un futuro pueden convertirse en obligatorios, puesto que el cliente se va a acostumbrar a la presencia de la característica y por ende los considerara como algo básico, mientras que sino esta, causa insatisfacción, en el caso del atributo unidimensional o de rendimiento, el cual es respecto a la característica de entregar el reporte de auditoría en el tiempo acordado, tiene un límite el rendimiento de la característica y posiblemente se tengan que hacer diversas modificaciones en la estructura del servicio, y encarezca el servicio, la característica relacionada con aumentar el tiempo de auditoría de forma gratuita es considerado por veintiséis clientes como atributo indiferente pero a veinte

clientes es considerado como atractivo, por lo cual sería de gran ayuda que esta característica se profundice en su estudio, finalmente la característica relacionada con reprogramar la fecha de la auditoria con cargo extra es considerado por el cliente como un atractivo inverso, es decir al cliente entre más.

## Referencias

- Angelova, B. (2011). Measuring Customer Satisfaction with Service Quality Using American Customer Satisfaction Model (ACSI Model). *International Journal of academic Research in Business and social sciences*, 232-258.
- Cronin. (1992). Measuring service quality. *The journal of Marketing*, 55-68.
- Giese. (2002). Defining consumer satisfaction. *Academy of marketing*, 1-24.
- Hinterhuber. (1996). The Kano Model: how to delight your customers. *International Working Seminar on Production Economics.*, 313-327.
- Kano. (1984). Attractive Quality and must-be quality. *The Journal of the Japanese Society for Quality Control*, 39-48.
- Muthusamy. (2012). Classifying Quality Attributes Using Service Gaps and Kano's Method. *International conference on economics*, 230-235.
- Rai, K. (2013). The antecedents of customer loyalty . *Journal of competitiveness*, 139-163.
- Salcedo, O. (2006). Kano curves; Analysis of service design attributes. *American Society of Quality*. El paso, Texas.
- Yi, Y. (2000). An integrated approach to innovative product development using Kano model and QFD. *European Journal of innovation Management*, 91-99.

# Tendencia de desarrollo de aplicaciones en dispositivos móviles con sistemas operativos Android e iOS

M.C.E. Ana Wendy Gómez Flores<sup>1</sup>, Aimer Bernardo Méndez Pérez<sup>2</sup>,  
Rolando Josué López López<sup>3</sup>, José Alfredo Vázquez Jiménez<sup>4</sup>

**Resumen-** La presente investigación tiene como finalidad dar a conocer cuáles son las tendencias de desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles tanto para sistemas operativos Android e iOS, con el objeto de conocer lo que está demandando el mercado y, como usuarios de dispositivos móviles, saber qué otra variedad de aplicaciones se pueden descargar y aprovechar para realizar diversas tareas en y desde estos dispositivos.

**Palabras clave-** Apps, Android, iOS, tendencia, aplicación, dispositivos móviles.

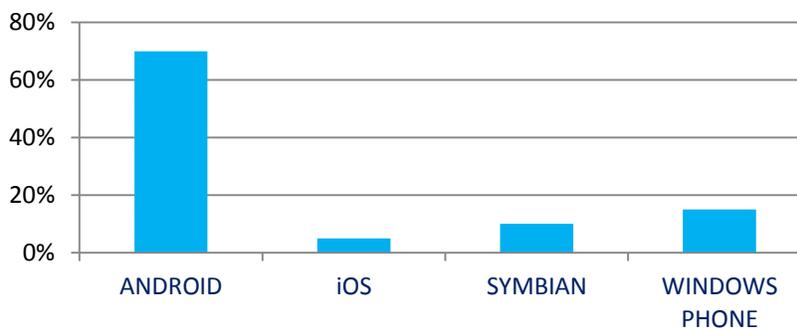
## INTRODUCCIÓN

Una aplicación móvil se conoce, comúnmente, con el nombre de Apps y corresponde al término inglés de "application", de cual toma las primeras tres letras para su denominación; dicha aplicación es un programa que permite una interacción con el usuario que la descarga en su smartphone y/o dispositivo móvil. Existe, hoy en día, una gran variedad de Apps para diversas tareas, que van desde el acceso a noticias, datos en tiempo real, hasta aplicaciones de entretenimiento como la visualización de libros, películas, juegos, música, entre otras actividades.

Para efectuar la descarga de una Apps se requiere de una aplicación específica como la tienda de aplicaciones que todo sistema operativo ofrece en sus dispositivos móviles. Dependiendo de la marca de un dispositivo móvil será el sistema operativo con el que trabaje, el más utilizados en una gran variedad de marcas de dispositivos móviles es Android empleando para las descargas de Apps la "tiendita" de Google play, así mismo, le sigue los pasos en usabilidad dispositivos móviles de la familia de Apple que utilizan el sistema operativo de iOS con su aplicación de descarga App Store.

## DESARROLLO

Actualmente se encuentra, tanto en las tiendas de aplicaciones de Android como de iOS, Apps que están categorizadas por Apps de juegos, compras, comunicación, deportes, educación, entretenimiento, finanzas, fotografía, entre otras. La preferencia de uso de los sistemas operativos en mención puede verse en la siguiente gráfica, la cual muestra los resultados de una investigación dentro de la comunidad estudiantil del I.T. de Comitán, permitieron observar que un 70% de las personas encuestadas utilizan un dispositivo con sistema operativo Android, mientras que el porcentaje de personas que utilizan dispositivos móviles con sistema iOS u otro es menor.



Gráfica 1. Preferencia de sistemas operativos móviles.

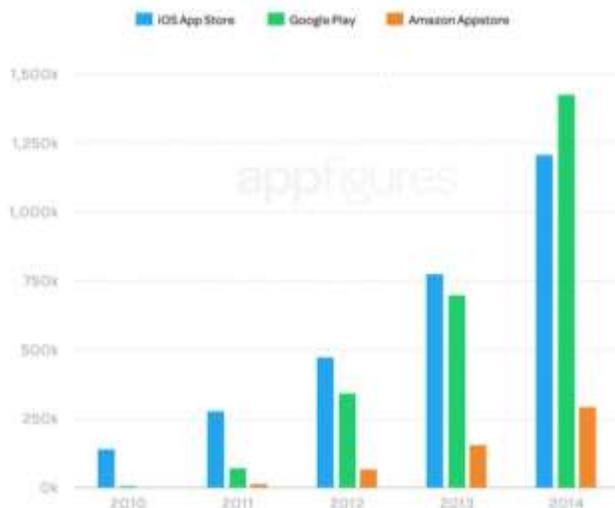
<sup>1</sup> M.C.E. Ana Wendy Gómez Flores, Maestra en Comercio Electrónico impartiendo materias dentro del depto. de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Comitán. awgflores@gmail.com

<sup>2</sup> Aimer Bernardo Méndez Pérez, Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales del I.T. de Comitán. aimer109\_yo@hotmail.com

<sup>3</sup> Rolando Josué López López. Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales del I.T. de Comitán. rola\_josue94@hotmail.com

<sup>4</sup> José Alfredo Vázquez Jiménez. Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales del I.T. de Comitán. fred\_15@outlook.com

Como resultado de la gráfica 1, se investigó y documentó la cantidad de aplicaciones y desarrolladores que existen y se encuentran desarrollando Apps para las diversas tiendas de aplicaciones, en la gráfica 2 se puede apreciar que el año pasado el número de aplicaciones que se desarrollaron para la tienda Google Play superó en alrededor de 250k a lo desarrollado para la tienda de descarga App Store.



Gráfica 2. Cantidad de Apps desarrolladas.  
Fuente: Ruiz (2015).

Como menciona Ruíz (2015), en el año pasado se registraron 1.4 millones de aplicaciones para Google Play y 1.2 millones de aplicaciones registradas para App Store. El campo de desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles va en aumento, ya que cada día hay más usuarios que tienen acceso a internet a través de uno de ellos. Como bien lo refleja la AMIPCI (2015) en su informe más reciente; se encuentra que los perfiles más relevantes de los usuarios que se encuentran activamente como usuarios de internet son: por género se encuentra con un porcentaje igualitario del 50% tanto para hombres como para mujeres (el cual es un porcentaje que se ha mantenido constante en los últimos 3 informes de la asociación), el 63% son usuarios donde su edad oscila entre los 13 a los 44 años, donde cada uno de ellos está invirtiendo en promedio poco más de 6 horas de su tiempo conectado a internet, 24 minutos más que el año pasado y éste tiempo continúa en aumento; así mismo el 84% de estos usuarios de internet han descargado algún tipo de aplicación y 8 de cada 10 lo hacen desde un dispositivo móvil.

En base a lo descrito hasta el momento y de acuerdo al estudio Nielsen (2014) sobre "Smartphones: So many Apps, so much time", los consumidores de tecnología móvil están gastando más tiempo en la búsqueda de aplicaciones que satisfagan sus necesidades. La proliferación de dispositivos móviles ha transformado a la sociedad en una sociedad impulsada por las aplicaciones, conectándola por medio de interesantes y sofisticadas aplicaciones para comandar su atención. Así que un gran número de usuarios de dispositivos móviles tienen la disposición de acceder constantemente y gastar tiempo en la búsqueda y descarga de aplicaciones que llenen sus expectativas, invirtiendo en ésta acción hasta un 31% de su tiempo.

La movilidad en los dispositivos ha marcado una tendencia que, a partir de la segunda mitad de este año, se vislumbra como una nueva etapa que los desarrolladores ya han adoptado y que tendrá mayor presencia. Resaltando los siguientes, de acuerdo con Báez (2015) y Md (2015):

Tendencia	Características
Negocio en movimiento	Transforma la cadena de valor. Permite escanear imágenes con la cámara para la revisión de inventarios. Realización de pagos móviles. Ofrece múltiples experiencias a los clientes en los distintos procesos de compra. Comunicación para clientes de diferentes nacionalidades. Aumento de la internacionalización y globalización. Comercio móvil.
Pasar del touchscreen a los comandos de voz	Búsqueda de información más sencilla. Implementaciones biométricas como el reconocimiento de voz como una medida de seguridad para la banca móvil.
Geolocalización (detección de presencia)	Plataformas interactivas, mediante experiencias con realidad aumentada y comunicación proactiva en contexto.
Construcción propia	Construir ecosistemas y comunidades colaborativas permitirá a los usuarios generar soluciones a los problemas de las instituciones. Requiriendo la apertura de datos y los servicios en la nube para el desarrollo de las propuestas.
Universo wearable	Apps que tienden a "llevarse puesto", como el iWatch.
Hogares inteligentes	Los dispositivos móviles juegan un papel fundamental en la comunicación entre ellos y los hogares.
Vehículos	Servicios de wi-fi, principalmente basadas en la localización.
Recopilación de datos	Claridad y transparencia para dejar en claro qué o quienes tienen o no tienen acceso a los datos que recopilan las Apps, como un elemento diferenciador de la seguridad y privacidad de los usuarios.
Salud	Aplicaciones y funciones en dispositivos móviles que permitan al usuario ejercer un control y monitorización de la su salud y actividad física.

Tabla 1. Áreas de tendencias de las Apps.

Según Md (2015), la tecnología móvil parte de una base en la que el número de dispositivos móviles supera ya a la población global, además del hecho evidente de que el acceso a ella ha cambiado los hábitos y aumentado su poder de adquisición lo que ha llevado a que el sector de la tecnología móvil considere abarcar áreas de desarrollo que no se imaginaban pudieran gestionarse en la "palma de la mano" y desde cualquier lugar.

Actualmente los dispositivos móviles son más potentes, las comunicaciones tienden a una mejor eficiencia y existe un mayor número de Apps de servicio a los usuarios, tanto desde el ámbito personal como profesional, lo cual si se usan de forma proactiva pueden tender a incrementar su productividad y a hacer rendir su tiempo.

### CONCLUSIONES

Hoy en día, los dispositivos móviles y los teléfonos inteligentes se han incluido en nuestra vida diaria como una forma de vinculación y continua comunicación tecnológica; y se logra apreciar la clara preferencia sobre el sistema operativo que maneje ese dispositivo móvil, Android, así que se cree que el mercado de desarrollo de aplicaciones para éste sistema operativo seguirá creciendo.

También se considera que las áreas de desarrollo de las Apps van a ir en aumento abordando áreas como la legal, finanzas, recursos humanos, ingeniería, ventas, entre otros más; debiendo considerar que hagan transacciones para los negocios de una forma cómoda y sencilla ofreciendo una movilidad con valor empresarial y sin interrupciones.

Teniendo siempre presente que la movilidad ofrece múltiples ventajas a las organizaciones, como la flexibilidad laboral y la posibilidad de acceder a los datos corporativos desde cualquier punto geográfico, lo que se traduce en la aceleración de la toma de decisiones en los mandos directivos.

La híper conexión es una tendencia derivada de la transformación global que invade al mundo offline para instalarlo en el mundo online tanto en áreas sociales, empresariales, científicas y culturales, y así lograr una vinculación total y permanente con todas las áreas de nuestro mundo actual y diario vivir.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AMIPCI. (2015). *11o. estudio sobre los hábitos de los usuarios de internet en México 2015*. [https://www.amipci.org.mx/images/AMIPCI\\_HABITOS\\_DEL\\_INTERNAUTA\\_MEXICANO\\_2015.pdf](https://www.amipci.org.mx/images/AMIPCI_HABITOS_DEL_INTERNAUTA_MEXICANO_2015.pdf) Fecha de Consulta [27-05-2015]

Báez, J. (2015). Cuatro tendencias de desarrollo de aplicaciones para 2015. <http://www.dineroenimagen.com/2015-01-01/48641> Fecha de consulta [27-05-2015]

La Catedral. (2015). El *desarrollo de aplicaciones móviles*. [en línea] encontrada en: [http://www.innovanube.com/docs/ticbeat%20-%20desarrollo\\_de\\_apliaciones\\_moviles.pdf/](http://www.innovanube.com/docs/ticbeat%20-%20desarrollo_de_apliaciones_moviles.pdf/) Fecha de Consulta [30-05-2015]

Md (2015). *15 tendencias que veremos en el sector del móvil este 2015*. <http://www.marketingdirecto.com/especiales/recopilatorios-2014-tendencias-2015/15-tendencias-que-veremos-en-el-sector-del-movil-este-2015/> Fecha de consulta [27-05-2015]

Nielsen. (2014). *Smartphones: So many Apps, so much time*. [en línea] encontrada en: <http://www.nielsen.com/us/en/insights/news/2014/smartphones-so-many-apps--so-much-time.html> Fecha de Consulta [30-05-2015]

Ruíz, F. (2015). *Play Store vs App Store: El Google Play ya gana en número de aplicaciones al App Store de Apple*. [en línea] encontrada en: <http://www.androidsis.com/play-store-vs-app-store/> Fecha de Consulta [29-05-2015]

# Correlación de contaminantes ambientales con el desempeño de recubrimiento inorgánico

Ing. Noemi Monserrato Goñi Vera<sup>1</sup>, Ing. Elsa Emilia Uicab Córdoba<sup>2</sup>, Quím. Gabriel Ramón Hernández<sup>3</sup>

**Resumen**— Este proyecto tiene el objetivo de correlacionar el efecto de contaminantes ambientales y condiciones meteorológicas sobre el deterioro del recubrimiento inorgánico de zinc en un ambiente rural y tropical del municipio de Jalapa, Tabasco. México, se realizaron pruebas de campo el desempeño de la capa anticorrosiva inorgánica. Para ello el recubrimiento fue adherido a placas de acero SAE1018 y expuestas a través de una estación de monitoreo a la atmósfera de prueba durante 9 meses. Se evaluaron las concentraciones de SO<sub>2</sub>, Cl<sup>-</sup> humedad relativa, temperatura y se registraron los tiempos de radiación y precipitación pluvial. El recubrimiento mostró un desempeño aceptable en el tiempo de ensayo con los factores ambientales, aspectos que son discutidos en este documento.

**Palabras clave**—corrosión, acero, contaminantes atmosféricos, ambiente tropical, recubrimiento.

## Introducción

El uso adecuado de los recubrimientos utilizados en tuberías y estructuras de acero en ambientes marinos y tropicales es una inquietud indeleble para las compañías dedicadas al petróleo. Actualmente se realizan experimentos siguiendo normas internacionales<sup>1-3</sup> combinando algunos parámetros ambientales con el objetivo de simular la degradación de recubrimientos para al aire libre, sin embargo se ha reportado que a partir de pruebas de laboratorio a corto plazo la integridad de los resultados imposibilitan la predicción sobre la vida de servicio de un recubrimiento.<sup>4</sup> Desde este punto de vista, las pruebas comparativas de laboratorio son muy útiles, pero no pueden sustituir a la experiencia adquirida en el campo.

Los desempeños de los diversos tipos de recubrimientos utilizados para proteger las tuberías y canalizaciones verticales enterradas y offshore se presentan a través de historias de caso experimentado por las empresas formuladoras de sistemas de recubrimientos. Esmaltes bituminosas, epoxi adherido por fusión, poliamidaepoxi reforzada con fibra de vidrio, y cauchos son las familias de sistemas recubrimiento considerados en la industria. El comportamiento general y las fallas encontradas en pruebas controladas en laboratorios son revisados para cada uno de los fabricantes, sugiriendo su uso y aplicaciones. Dentro de la normatividad NRF- 053- PEMEX señala sistemas de recubrimientos recomendados para cada ambiente corrosivo dentro de México. Identificando el inorgánico catalizado que es empleado en esta investigación por constituir un recubrimiento empleado contra el deterioro atmosférico marino de estructuras metálicas. El desempeño en servicio de las mismas depende en gran medida de la naturaleza de estos recubrimientos orgánicos y del efecto que tiene en su capacidad anticorrosiva a diversos factores ambientales y meteorológicos.<sup>5</sup> De este punto de vista la incidencia de la radiación solar, contaminantes, humedad y temperatura del ambiente influyen sobre los recubrimientos orgánicos<sup>6</sup> Es decir, la fracción ultravioleta entre 295 y 400 nm en combinación con los ciclos de humedad y contaminantes ambientales perturba las cadenas poliméricas del recubrimiento orgánico<sup>7,8</sup> afectando la permeabilidad, propiedades mecánicas y la estructura del polímero,<sup>9</sup> tales variaciones generan que el recubrimiento manifieste caleo, cambios de color, brillo y rugosidad de la superficie entre otros.<sup>10-12</sup> Por otro lado, para que exista procesos de corrosión es necesario la promoción de reacciones químicas y electroquímicas en la zonas de adhesión del recubrimiento con el electrolito, dichas reacciones son asociadas con la absorción de agua dentro del material,<sup>13-15</sup> debido a la permeabilidad del recubrimiento y la difusión del electrolito.<sup>16</sup> Pues se ha reportado que la absorción de agua dentro del material puede originar expansión volumétrica bajo película por la presencia de producto de corrosión o acumulación de humedad.<sup>17, 18</sup> Lo anterior genera esfuerzos que conducen a delaminación, fatiga, ampollamiento osmótico en combinación de iones cloruros y sulfatos, debido a los efectos potenciales que estos ejercen durante el tiempo de vida de los recubrimientos. También influyen en la degradación del recubrimiento la temperatura.

<sup>1</sup> La Ing. Noemi Monserrato Goñi Vera colabora en la Universidad Tecnológica de Tabasco como profesora de tiempo completo en la División de Química, área: Fluidos de perforación. [noemimgv@hotmail.com](mailto:noemimgv@hotmail.com)

<sup>2</sup> La Ing. Elsa Emilia Uicab Córdoba colabora en la Universidad Tecnológica de Tabasco como profesor de tiempo completo en la División de Química, área: Prevención de corrosión. [uicab@hotmail.com](mailto:uicab@hotmail.com)

<sup>3</sup> El Quím. Gabriel Ramón Hernández colabora en la Universidad Tecnológica de Tabasco como profesor de tiempo completo en la División de Química, área: Fluidos de perforación. [gabogrh@gmail.com](mailto:gabogrh@gmail.com)

Sin embargo se tiene reportado que la temperatura que se registra ambientalmente no coincide con la que se presenta en la superficie de la pintura, debido a la influencia de los componentes del recubrimiento y de la conductividad térmica del sustrato; esta diferencia entre la temperatura ambiente y la que se registra en la superficie genera incertidumbres en los resultados del estudio.

Finalmente, en el presente trabajo se presentan los resultados de la evaluación del comportamiento anticorrosivo del sistema inorgánico catalizado aplicado sobre placas de acero al carbono SAE 1036 por aspersión convencional, sometido a condiciones atmosféricas marinas por medio de estaciones de monitoreo.

### Descripción del Método

Se preparó metalográficamente de acuerdo al estándar ASTM G1 probetas de acero al carbono SAE 1036, cada probeta se cortó a un tamaño de 20x10x2 mm y se limó con lijas de carburo de silicio grado 600, además fueron recubiertas con recubrimiento inorgánico y después curado acorde a la ficha técnica del proveedor industrial. Posteriormente, fueron validados empleando el instrumento Elcometer Modelo 126 y 3240, los espesores de película húmeda y seca del recubrimiento de referencia.

Las probetas de ensayo fueron expuestas a la intemperie del Campo Agave perteneciente al municipio de Jalapa, Tabasco, durante 9 meses en estaciones de monitoreo. Cada 30 días se retiraron 3 probetas de la estación de monitoreo, intercambiando captadores de sulfatos y cloruros situados en el sitio de exposición. La superficie del recubrimiento fue inspeccionada en base a la ASTM D714, D6602, D610 y 654, D3359 y determinado la adherencia empleando Elcometer Modelo 1540. Para el estudio del comportamiento anticorrosivo de los recubrimientos en el tiempo se registraron los ciclos de humedad, temperatura y precipitación pluvial y acompañada de chequeos visuales subjetivos por dependencia de la experiencia de la persona que realiza el chequeo.



(a)

Fig. 1 Estación de monitoreo



(b)

Fig. 2 Rack de trabajo

Los parámetros atmosféricos fueron obtenidos de las Estaciones del Servicio Meteorológico Nacional simultáneamente captadores de agentes contaminantes fueron instalada en las inmediaciones del área de exposición de los especímenes. Para determinar los contaminantes atmosféricos, iones cloruro ( $Cl^-$ ) y compuestos de azufre ( $SO_x$ ). La velocidad de deposición de los compuestos de azufre se determinó por el método de candela húmeda y platos de sulfatación de conformidad con lo que estipula la norma ISO 9225, con base a lo estipulado en la norma ISO 8407

### Resultados obtenidos

Los resultados de inspección superficial y de adherencia obtenidos a partir de la exposición natural del recubrimiento inorgánico de referencia se compararon con los resultados de las concentraciones de contaminantes ambientales

captados en platos de sulfatación y cloruros instalados a la intemperie en los 9 meses. Como un punto de interés especial, la influencia del sulfato sobre la vida útil del recubrimiento de referencia se investigó. En este trabajo, la estación de monitoreo se instaló en la intemperie del Campo Agave perteneciente al municipio de Jalapa, Tabasco.

*Temperatura y humedad.*

Los cambios de temperatura durante 9 meses del sitio de monitoreo se aprecian en la siguiente tabla:

Meses	Temperatura media °C	Días exposición solar	Días de precipitación	Precipitación promedio. (cm)	Tiempo de humectación. (hrs)
	Agosto	30	26	5	17
Septiembre	28	14	16	13	168
Octubre	27	17	14	27	166
Noviembre	25	22	8	46	144
Diciembre	23	18	13	2	163
Enero	23	17	14	23	166
Febrero	23	22	6	3	242
Marzo	26	20	11	18	157
Abril	30	28	2	52	126
Mayo	30	28	3	10	133

Cuadro 1. Relación de temperaturas y condiciones ambientales expuestas del recubrimiento.

Las características del recubrimiento evaluado se muestran en el siguiente cuadro, la aplicación fue por aspersión convencional en base a las recomendaciones del proveedor industrial y especificaciones técnicas del producto.

	Parámetros		
	Tipo	Espesor húmedo	Relación
Recubrimiento	Inorgánico	0.4428	0,78580

Cuadro 2. Sistema de recubrimiento aplicado en probetas

Se retiraron de la estación de monitoreo 27 probetas en un periodo de 9 meses, evaluándose el desempeño anticorrosivo en base a la normatividad.

*Fallas de recubrimiento*

Falla de recubrimiento	Parámetros	
	Norma para evaluación	Resultados
Ampollamiento	ASTMD714	Tamaño 10
Cuartamiento	ASTM D660	Inexistente
Grado de corrosión	ASTM D610	Grado10
Corrosión en incisión	ASTM D1654	Inexistente
Prueba de adherencia	ASTM D3559-90	Aprobado

Cuadro 3. Resultados de la evaluación de las 27 probetas cubiertas con epóxico.

Aunque se tiene reportado que la radiación ultravioleta<sup>19</sup> tiene un efecto sobre el desempeño anticorrosivo del recubrimiento, la inspección visual y la evaluación del inorgánico realizado sobre las probetas durante 9 meses de exposición natural, presentaron un buen desempeño, sin observarse defectos superficiales visibles. En el cuadro 3 se aprecia claramente la inexistencia de fallas en este tiempo, aun con las condiciones de radiaciones solares y gradientes de temperatura que en los ambientes tropicales húmedos se generan.

Las condiciones ambientales del Campo Agave del municipio de Jalapa, Tabasco se distinguen dos periodos en el año: la temporada de lluvias, que trae consigo el incremento de vientos<sup>15,16</sup> Mientras que la temporada de seca (marzo, abril y mayo) los vientos disminuyen, en consecuencia afecta la velocidad de deposición de los iones cloruro y sulfato (cuadro 2).

MES	Iones cloruro. (mg/m <sup>2</sup> día)	Iones sulfato (mg/m <sup>2</sup> día)
Agosto	3679.5077	0.2048747
Septiembre	2347.2474	0.3584170
Octubre	415.613531	0.9538942
Noviembre	782.663322	0.8398786
Diciembre	457.964478	0.4284623
Enero	3228.72135	0.7234614
Febrero	20271.0296	0.0953835
Marzo	4454.67819	0.5149103
Abril	4454.67819	0.5149103
Mayo	4454.67819	0.5149103

Cuadro 4. Concentraciones de contaminantes ambientales del área de Monitoreo, Campo Agave, Jalapa, Tabasco.

El intervalo de valores de salinidad encontrado en el lugar de experimentación (5 - 41.3 mg Cl<sup>-1</sup>/m<sup>2</sup>.día) no cubre todos los valores de salinidad posibles en este tipo de atmósferas. La norma ISO 9223 considera salinidades atmosféricas hasta 1.500 mg Cl<sup>-1</sup>/m<sup>2</sup>.día. Así pues, para realizar un análisis de la relación existente entre ambas variables para un intervalo de salinidades más amplio, se procedió a realizar una recopilación de parejas de datos de salinidad atmosférica y su efecto en el recubrimiento inorgánico, tomados de la evaluación del desempeño y la base de datos meteorológica.

### Conclusiones

Aunque la radiación solar, tiempo de humectación, gradiente de temperatura y contaminantes ambientales son elementos controlantes del deterioro de recubrimientos anticorrosivos inorgánicos en ambiente tropical húmedo, las probetas de estudio que fueron expuestas durante 9 meses en el Campo Agave perteneciente al municipio de Jalapa,

Tabasco, no manifiestan deterioro superficial visible en el recubrimiento. Los resultados de la evaluación superficial descartan la presencia de absorción de agua por el recubrimiento y refuerza la idea de la inexistencia de difusión del electrolito debido a la permeabilidad de este. Además se identificó que las velocidades de deposición de iones cloruros y sulfatos presenta una correlación con las estaciones de lluvia y seca.

Se confirma que la simple evaluación superficial normada por la ASTM en recubrimientos expuestos por 9 meses en pruebas de intemperismo es insuficiente para identificar fallas en él.

Es importante estudiar la pérdida de adhesión del recubrimiento en pruebas de espectroscopia de impedancia electroquímica.

### Recomendaciones

La comparación del envejecimiento natural (9 meses) con los datos meteorológicos y cuantificación de los iones cloruros y sulfatos serán correlacionados con espectroscopia de impedancia electroquímica, con el propósito de identificar fallas no visibles en la superficie del recubrimiento. En este sentido dicha técnica electroquímica permitirá saber si existe la posibilidad de asociar la absorción de agua dentro del material con la existencia de permeabilidad del recubrimiento y la difusión del electrolito.

### Agradecimiento.

Este trabajo está siendo financiado por el Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) a través del proyecto: Correlación de contaminantes y factores ambientales en el desempeño y funcionalidad de sistemas de recubrimientos en la atmósfera corrosiva del Campo Agave del municipio de Jalapa, Tabasco.

### Referencias

- 1.- G. Buchheit., "Corrosión Resistant Coating and Paints" in Handbook of Environmental Degradation of Materials, 1995, vol. 1, M. Kutz, Ed. 2nd ed. New York: William Andrew Publishing, 2005, pp.367-384pág. 85.
- 2.- P. Robergem Handbook of Corrosion Engineering, New York: Mc GrawHILL, 2000.
- 3.- U. Schulz, P. Trubiroha, U. Schernau, H. Baumgart, Progress in Organic. Coating, 40 (2000) 151.
- 4 S. Brunne, P. Richner O. Guseva. "Test equipment Accelerated weathering device life prediction for organic coating" Polymer Testing, vol. 24, no. 1, pp. 25-31 Feb. 2005.
- 5.- F. Deflorian. S. Rossi, L. Fedrizzi. Progress in Organic Coatings 59 (2007) 244-250
- 6.- Cidepint, "Protección de Superficies Metálicas Parte I," in Protección de Superficies Metálicas, La Plata, Argentina: CIDEPINT, 2005.
- 7 X. Shi and S. G. Croll, "Recovery of surface defects on epoxy coatings and implications for the use of accelerated weathering," Progress in Organic Coatings, vol. 2, no. 67, pp. 120-128, Feb. 2010
- 8 X. Yang and X. Ding, "Prediction of outdoor weathering performance of polypropylene filaments by accelerated weathering tests," Geotextiles and Geomembranes, vol. 2, no. 24, pp. 103-109, 2006..
- 9.-K. M. White, R. M. Fischer, and W. D. Ketola, "An Analysis of the Effect of Irradiance on the Weathering of Polymeric Materials," in Service Life Prediction of Polymeric Materials. Global Perspectives Ed., New York: Springer, 2009, pp. 71-82..
- 10.- A. Lost, D. Najjar, and R. Hellouin, "Modelling of the Vickers hardness of paint coatings deposited on metallic substrates," Surface and Coatings Technology, vol. 165, no. 2, pp. 126-132, Feb. 2003
- 11 D. X. Gu, Stanley, W. E. Byrd, B. Dickens, I. Vaca-Trigo, W. Q. Meeker, T. Nguyen, J. W. Chin, and J. W. Martin, "Linking Accelerated Laboratory Test with Outdoor Performance Results for a Model Epoxy Coating System," in Service Life Prediction of Polymeric Materials. Global Perspectives, Ed., New York: Springer, 2009, pp. 3-28.
- 12 S. T. Kyvelidis, L. Lykouropoulos, and N. Kouloumbi, "Digital system for detecting, classifying, and fast retrieving corrosion generated defects," Journal of Coatings Technology, vol. 73, no. 915, pp. 67-73, Ap. 2001.
- 14 I. Vaca-Trigo and W. Q. Meeker, "A Statistical Model for Linking Field and Laboratory Exposure Results for a Model Coating," in Service Life Prediction of Polymeric Materials. Global Perspectives, Ed., New York: Springer, 2009, pp. 29-43..
- 15 I. Cole, Paterson. D, Ganther, Holistic model for atmospheric corrosion Part 1 "Theoretical framework for production, transportation and deposition of marine salts". Corros. Eng. Sci. Technol., 38, 129-134, 2003.
16. D. A. Bayliss and D. H. Deacon, "Testing of coatings," in Steelwork Corrosion Control, T. Francis, Ed., 2nd ed. New York: Spon Press, 2002, pp. 367-403
17. ISO 9225:2012. "Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Measurement of environmental parameters affecting corrosivity of atmospheres".

18. M. E. M. Almeida, "Minimisation of steel atmospheric corrosion: Updated structure of intervention," Progress in Organic Coatings, vol. 54, no. 2, pp. 81-90, Oct. 2005.

19. N. Romero, O.Rincón, M. Sánchez, Evaluation of duplex coatings system in tropical marine environments. Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia v.30 n. Especial Maracaibo. ISSN 0254-0770. Nov. 2007

### **Notas Biográficas**

La **Mtra. Noemi Monserrato Goñi Vera** es profesora investigadora en la Universidad Tecnológica de Tabasco. Maestra en Ingeniería Administrativa, y docente de asignaturas relacionadas con el desarrollo petrolero en relación a la corrosión y a los fluidos de perforación, como Electroquímica, Fluidos de Control y Seguridad Industrial y Protección Ambiental.

La **MIPA Elsa Emilia Uicab Córdoba** tiene Maestría en Ingeniería y Protección Ambiental y es Profesor Investigador de la División de Química en la UTTAB. Participó con la ponencia "Evaluación de la corrosión interior y exterior de materiales de acero al carbono y aluminio en dos regiones del clima tropical húmedo de Tabasco, en el 48° Congreso Mexicano de Química, Y el 32° Congreso Nacional de Educación Química 2013. Actualmente realiza un estudio sobre el desempeño de recubrimientos epóxicos catalizados expuestos en atmósferas marinas.

El **Mtro. Gabriel Ramón Hernández** es profesor investigador en la Universidad Tecnológica de Tabasco. Estudiante de la maestría en Nanotecnología. En la actualidad realiza un estudio sobre el desempeño de recubrimientos epóxicos catalizados expuestos en atmósferas marinas.

# Ubicación de la planta productora de una empresa de nueva creación

Jair Gonzaga Pedro<sup>1</sup>, Yamile Jabaselet Rosas Sánchez<sup>2</sup>,  
Andrea Tobón Rodríguez<sup>3</sup>, Rosa Montalvo Herrera<sup>4</sup> e M. C. Iván Araoz Baltazar<sup>5</sup>

**Resumen**— En la presente investigación se analizan 3 objetivos claves para localizar la instalación de una empresa de nueva creación: maximizar la distancia con los competidores, minimizar los costos de transporte de materias primas así como considerar la cercanía de sus clientes potenciales. Dicha problemática se resolverá mediante una metodología que conlleva una serie de pasos que incluyen la aplicación de modelos matemáticos. Los proyectos que cuenten con la misma problemática base podrán tomar como apoyo para su resolución, la metodología planteada.

**Palabras clave**— Modelo matemático, ubicación, minimización, maximización.

## Introducción

Organizaciones tanto públicas como privadas se preocupan especialmente por el comportamiento de los ingresos y de los costos, pues estos pueden verse afectados por la ubicación de la empresa. Es necesario comprender como cada uno de estos componentes de rentabilidad varía según la ubicación de las instalaciones. (Everett & Ronald, 1996)

La ubicación de instalaciones fijas a lo largo de la red de la cadena de suministro es un importante problema de decisión que da forma, estructura y configuración al sistema completo de la cadena de suministros. Este diseño define las alternativas junto con sus costos asociados y niveles de inversión utilizados para operar el sistema. Las decisiones sobre ubicación implican determinar el número y tamaño de las instalaciones que se utilizaran. (Ballou, 2004)

La localización de plantas, servicios y, en general, el diseño del sistema de distribución y atención al cliente son decisiones de enorme importancia para el éxito o fracaso de un proyecto empresarial, si se tiene en cuenta que una vez localizada la planta o el almacén, la decisión de trasladarse hacia una localización más conveniente es poco factible, ya que esta decisión implica una inversión considerable, además de cambios radicales en la operación del negocio.

La localización de servicios con demanda abierta (tiendas, oficinas, restaurantes, etc.), presenta marcadas diferencias respecto a la localización de servicios públicos o de plantas. Se debe tener en cuenta que los centros de atención deben tener instalaciones para el acceso del público que demanda el servicio. (Muñoz Negrón, 2009)

Las primeras tareas en el diseño de un almacén van orientadas a seleccionar el lugar donde este se va a ubicar.

La situación de un almacén dentro de una red logística constituye una de las decisiones clave puesto que condicionara, de forma sustancial, la relación costo/servicio del sistema logístico global.

Las técnicas permiten la creación de modelos matemáticos que simulan los resultados de diferentes hipótesis. El estudio de los modelos y el análisis de sus consecuencias han ayudado a formular un planteamiento científico de este problema, cuando hasta el momento solo había sido tratado de forma intuitiva y experimental. Dos son los modelos comúnmente empleados para ubicar un almacén en la red logística. (De Iavascues & I Cos, 1998)

### *Número de instalaciones*

Ubicar una instalación es un problema considerablemente diferente a ubicar muchas instalaciones en un momento. Ubicar una sola instalación evita la necesidad de considerar las fuerzas competitivas, la división de la demanda entre instalaciones, los efectos de consolidación de inventario y los costos de instalación. Los costos de transportación por lo regular son la principal consideración. La ubicación de una sola instalación es el más simple de los dos tipos de problemas. (Ballou, 2004)

### *Modelos de ubicación de instalaciones*

<sup>1</sup> Jair Gonzaga Pedro es alumno de Ingeniería en Logística en el Instituto Tecnológico de Tehuacán, Puebla.

[jair\\_logisti92@hotmail.com](mailto:jair_logisti92@hotmail.com) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> Yamile Jabaselet Rosas Sánchez es alumna de Ingeniería en Logística en el Instituto Tecnológico de Tehuacán, Puebla, [yam.rossy000@hotmail.com](mailto:yam.rossy000@hotmail.com)

<sup>3</sup> Andrea Tobón Rodríguez es alumna de Ingeniería en Logística en el Instituto Tecnológico de Tehuacán, Puebla [andrea\\_logistica@hotmail.com](mailto:andrea_logistica@hotmail.com)

<sup>4</sup> Rosa Montalvo Sanchez es alumna de Ingeniería en Logística en el Instituto Tecnológico de Tehuacán, Puebla. [rositamontalvo.h@gmail.com](mailto:rositamontalvo.h@gmail.com)

<sup>5</sup> M. C. Iván Araoz Baltazar es Jefe del Departamento de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Tehuacán, Puebla. [araoz25@hotmail.com](mailto:araoz25@hotmail.com)

Son diversos los modelos cuantitativos que se emplean para facilitar la determinación de la mejor ubicación de instalaciones. A veces, los modelos se construyen especialmente para ajustarse a las circunstancias específicas de un problema en particular.

Muchas de las características cambian con el tiempo, es un problema dinámico; una buena ubicación en la actualidad puede no serlo en el futuro.

Existen algunos modelos ampliamente conocidos de carácter general que pueden ser adaptados a las necesidades de una diversidad de sistemas. (Everett & Ronald, 1996)

#### *Teoría de Localización Industrial de Weber*

Es el alemán Alfred Weber quien en 1909 desarrolla una teoría pura sobre la localización industrial en el espacio.

Este método soluciona la ubicación de almacenes en una red de distribución, de forma que la suma de los costos de transporte se minimice.

Este método tiene en cuenta inicialmente:

- Demanda de los productos
- Situaciones de puntos origen/destino
- Tarifas de transporte

(De Iavascues & I Cos, 1998)

En general su teoría se aplica a la industria pesada, pero puede aplicarse a la industria ligera: la distancia de la planta de producción a los recursos y al mercado.

Lo que se localiza es la planta de producción, que es el lugar de fabricación. También considera que los costos de producción son los mismos en todas partes.

Weber representara su teoría en un triángulo, en el cual, dos vértices corresponden a los productos que necesita en su elaboración y otro vértice es el lugar de mercado.

Según Weber la ubicación de una planta industrial está relacionada con cuatro factores fundamentales: la distancia a los recursos naturales, la distancia al mercado, los costos de la mano de obra y las economías de consolidación. En la teoría se consideran dos tipos de materiales de producción: los ubicuos (disponibles en cualquier sitio) o estándar y los recursos localizados (disponibles en algún lugar específico) o customizados.

En el primer supuesto, Weber, considera que los costos de producción son iguales en todas partes: solo es posible una variación del precio unitario debido a los costos de transporte. La ubicación de la planta sería allí donde los precios de transporte sean mínimos.

Weber elabora un índice de materiales en el que se divide el peso de los recursos utilizados entre el peso del producto elaborado. El resultado indicara la dependencia de la planta para localizarse cerca de los recursos o cerca de los mercados. (León, 2008)

## **Descripción del Método**

### *Planteamiento del problema*

LIVENA es una empresa de nueva creación cuyo giro es la venta de juegos verdes en polvo. Al ser una empresa que está iniciando quiere encontrar el lugar óptimo para sus ventas, para ello ha considerado varios factores como la compra de materia prima, el estar lejos de sus competidores pero a la vez tener la ubicación óptima para que la mayor parte de la población del municipio de Tehuacán, Puebla, tenga acceso a su módulo de venta.

Por lo cual tiene dos objetivos claros, maximizar la distancia entre su posible ubicación y la de su competencia, así como minimizar las rutas de contacto con sus clientes potenciales.

La empresa está dispuesta a pagar un local costoso en la zona centro de la región, que se permitirá costear gracias a un préstamo bancario que obtendrá dentro de poco. Por lo antes mencionado, se concluye que una ubicación céntrica es prioridad para la empresa. Todo esto con la finalidad de que esta localización óptima le permita ganar y alcanzar sus objetivos de venta diarios, para que pueda ser rentable como empresa recién creada.

### *Cuerpo del problema*

De acuerdo a la problemática planteada la solución propuesta consiste en la aplicación de modelos matemáticos, al considerar el objetivo se decide extraer algunos pasos de las modelaciones para construir una metodología adecuada a la problemática.

La empresa desea maximizar la distancia existente entre sus instalaciones y los competidores de la ciudad, por lo que en primera instancia se requiere conocer la ubicación actual de cada competidor, sin embargo al tratarse de una empresa de nueva creación aún no tiene opciones a considerar para establecer sus instalaciones por lo que los puntos de referencia a considerar serán sus posibles 3 proveedores, de los cuales únicamente escogerá a dos, debido a que desea al igual minimizar la distancia con ellos puesto que por su proceso productivo requiere de un suministro

COMPETENCIA	PROVEEDOR 1	PROVEEDOR 2	PROVEEDOR 3
NATURISMO EYS	3	0.9	1.3
T. NATURISTA J.	2.2	0.19	1.2
T. NATURISTA P.	2.3	0.8	1
OPALPEN.	3.4	1.3	1.3
C. NATURISTA P.	3.4	1.3	1.3
C. NATURISTA JR.	1.3	0.6	2.1
T. NATURISTA HDR.	2.1	0.35	1.2
EL NAT.	4	2.3	1.1
HJR DE MÉXICO	2.2	0.22	1.4
C.E.S. YD.	1.7	2.4	2.1
PROD. NAT.	1.2	1	2.2
C.MANURISTA J.B.S.	1.8	0.65	1.5
DL. DE MÉXICO	1.2	1.1	2.7

Cuadro 1. Tabla de distancias entre competidores y proveedores de la empresa en kilómetros.

constante de materia prima. Se recurre entonces a la utilización del GPS para obtener las distancias de sus competidores en relación a sus proveedores obteniendo la información del Cuadro 1.

Al realizar las ubicaciones en los diagramas se observa que en relación a los proveedores 1 y 3 no hay ubicado ningún competidor de a menos de 1 kilómetro a la redonda y respecto al proveedor 2 hasta después de 3 kilómetros deja de haber competencia (Figura 1).

A continuación se calcularon los índices de material de acuerdo a la teoría de localización industrial de Weber, donde se divide el peso de los recursos utilizados entre el peso del producto elaborado (Cuadro 2). El resultado indicará la dependencia de la planta para localizarse cerca de los recursos o cerca de los mercados. En los

materiales puros el resultado es 1, en los materiales brutos serán mayor que 1; cuanto más alto sea el índice material más dependencia tendrá la planta de la localización de los recursos, ya que el producto elaborado pierde más peso, y por lo tanto cuesta más transportar la materia prima que el producto elaborado; cuanto más bajo sea el índice de material más cerca del mercado se situará la planta.

El proceso productivo de la empresa requiere de cinco materias primas básicas para la elaboración de su

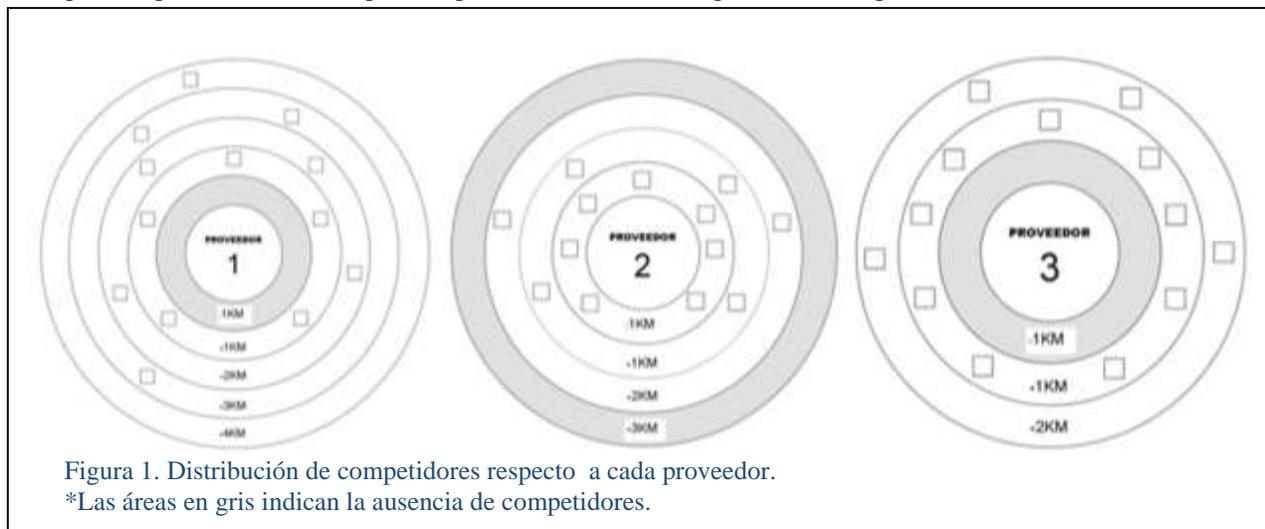


Figura 1. Distribución de competidores respecto a cada proveedor.  
\*Las áreas en gris indican la ausencia de competidores.

producto, a las que por confidencialidad y para uso práctico se nombraron mpb enumeradas de 1 a 5 (Cuadro 2).

mpb	Gramos por demanda	Kilogramos utilizados	Conversión a gramos	Índice de material
mpb1	170.431046	1.48467721	1484.66	8.7113
mpb2	238.5477447	2.549131703	2549.13	10.686
mpb3	229.1799574	2.147220088	2147.22	9.369
mpb4	787.8343984	5.76956718	5769.57	7.3233
mpb5	454.0068538	10.44734849	10447.35	23.0114

Cuadro 2. Tabla de índice de material en gramos.

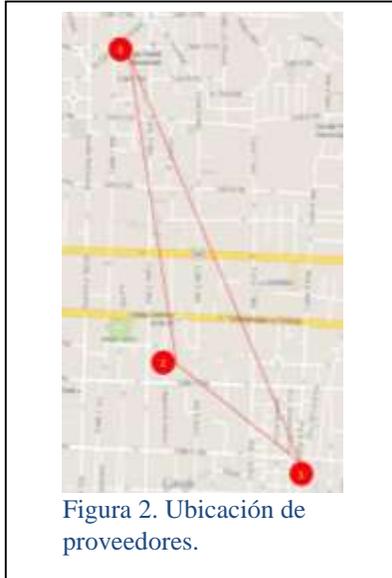
Con los índices tan superiores a la unidad, se prueba que la empresa verdaderamente necesita estar instalada lo más próxima a sus proveedores.

Así pues, se procede finalmente a la aplicación del triángulo de Weber donde dos vértices corresponden a los productos que necesita en su elaboración y otro vértice es el lugar de mercado, sin embargo para uso práctico para esta investigación se realiza una ligera variante.

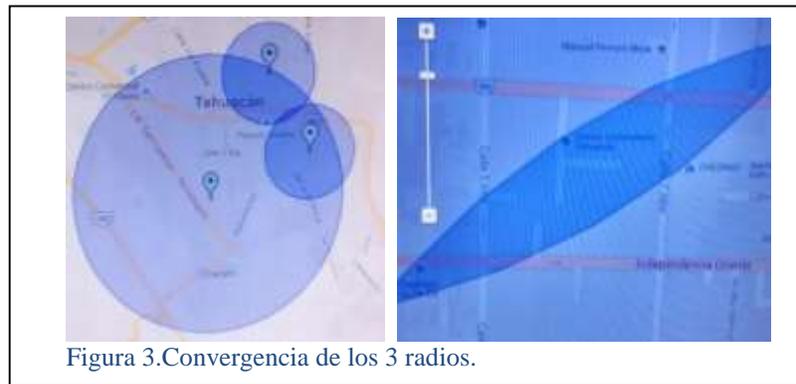
PROVEEDORES	1	2	3
1	0	0.35	2.2
2	0.95	0	1.3
3	2.2	1.3	0

Cuadro 3. Tabla de distancias entre proveedores.

La variante que se diseña para adaptar el triángulo de Weber es considerar a los 3 proveedores no únicamente 2 como originalmente se aplica el método, puesto que se seleccionará a dos de los proveedores para suministrar la materia prima a la empresa. Triangulando las distancias entre ellos (Cuadro 3), se puede determinar la zona de ubicación para X (Figura 2).



Recurriendo nuevamente a la aplicación de software, se emplea una aplicación para segmentar ubicaciones geográficas. Utilizando la información radial obtenida mediante el método de Von Thünen es posible encontrar la convergencia entre los 3 radios. En la Figura 3 se observa la zona de convergencia.



Realizando una comparación entre ambos mapas (Figura 4) se observa que en la zona donde coinciden se encuentra la calle 5 Norte, así pues, en esta calle se puede realizar la ubicación de las instalaciones (X) y para determinar a los 2 proveedores de materia prima se aplica la teoría del triángulo de Weber.

Para ello se utilizan las distancias entre cada proveedor con respecto a X (Cuadro 4).

PROVEEDORES	1	2	3
X (UBICACIÓN EN 5 NORTE)	1.1 km	0.4 km	1.2 km

Cuadro 4. Tabla de distancias entre proveedores y la ubicación X.

Comparando podemos observar que la suma menor es la de las distancias de los proveedores 1 y 2 por lo que según la problemática de minimizar la distancia de la empresa con respecto a los proveedores lo óptimo es que ellos sean

En el Cuadro 5 se realizan las sumas correspondientes.

PROVEEDORES	1-2	1-3	2-3
X (UBICACIÓN EN 5 NORTE)	1.5 km	2.3 km	1.6 km

Cuadro 5. Tabla de suma de distancias de 2 proveedores respecto a la ubicación X.

seleccionados para el suministro de la materia prima.

### Comentarios Finales

Para llegar a la ubicación óptima fue necesario llevar la problemática a una expresión simple e ir desglosándola a partir de la utilización de diversos pasos de diferentes modelos matemáticos, haciendo uso de los métodos gráficos y analíticos; resaltando la utilización de softwares como herramientas complementarias. La ubicación sugerida según la metodología aplicada está en la calle 5 Norte entre la Avenida Independencia Oriente y la calle 2 Oriente. Se sabe que tal ubicación es cercana al centro de la ciudad y debido a que la zona es comercial presenta gran afluencia de población. Con lo que respecta a los proveedores, existe buena comunicación vial, además al considerarlos como puntos de referencia para la ubicación resultó conveniente tener los datos obtenidos pues se utilizaron al realizar la selección de los mismos. Por lo tanto los objetivos por los que se llevó a cabo esta investigación se cumplen satisfactoriamente proporcionando a la empresa una opción que, según los criterios establecidos, podrá generarle beneficios económicos, aunque sin duda alguna el éxito que llegué a obtener la empresa dependerá de diversos factores, sin embargo es importante recordar que la ubicación de una empresa puede contribuir al éxito de la misma considerándose por ello a la ubicación como una estrategia que puede llegar a convertirse en una ventaja competitiva.

#### Resumen de resultados

En este trabajo investigativo se estudió un caso de ubicación de instalaciones mediante una metodología que consistía en ir desglosando la problemática con pasos de diversos modelos matemáticos hasta llegar de una problemática compleja a una simple. Los resultados de la investigación incluyen el análisis de métodos gráficos y analíticos para utilizar softwares de localización y darles interpretación.

#### Conclusiones

Los resultados comprueban en primera instancia la necesidad de la empresa de estar cerca de sus proveedores. Además de demostrar que es indispensable considerar la ubicación de los proveedores y de la competencia al momento de realizar una ubicación de instalaciones. La ausencia del factor económico determinará en gran parte la decisión de la empresa sin embargo la finalidad de la investigación era proporcionar una sugerencia puesto que al ser de nueva creación, la empresa no tenía opciones a contemplar. Fue quizás inesperado el haber encontrado que al combinar diversos modelos matemáticos se llega a una solución óptima ya que al estudiarlos no existía aparente relación entre ellos aunque se utilicen en problemas de localizaciones. Es interesante que al combinarlos se haya llegado a componer una metodología que sin duda podrá ser aplicada para problemas que tengan los mismos criterios.

Este es un trabajo realizado por estudiantes de licenciatura que están aprendiendo a formular modelos matemáticos con asesoría de su profesor, por ello puede servir de base a otros alumnos que tengan una problemática similar o que también estén en la misma situación, aprendiendo a modelar.

#### Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar nuestra investigación podrían concentrarse con dificultades al tratar de obtener las distancias exactas ya que requiere de gran precisión sin embargo con las herramientas adecuadas es posible conseguirlo siendo que son determinantes las distancias a considerar para aplicar la metodología propuesta. Podríamos sugerir que hay un abundante campo todavía por explorarse en lo que se refiere a la combinación de modelos para la obtención ubicaciones óptimas. Específicamente en el caso de la metodología desarrollada en la investigación están por analizarse otro tipo de casos para los que pueda aplicarse y obtener resultados tan satisfactorios como los actuales.

## I. REFERENCIAS

- Ballou, R. H. (2004). Logística. Administración de la cadena de suministro. México: PEARSON EDUCACION.
- De Iascues, R., & I Cos, J. P. (1998). Manual de Logística Integral. Ediciones Díaz de Santos.
- Drezner, Z., & Hamacher, H. W. (2004). *Facility Location: Applications and Theory*. Alemania: Springer.
- Eiselt, H. A., & Marianov, V. (2011). *Foundations of Location Analysis*. Springer.
- Everett, E. A., & Ronald, J. E. (1996). Administración de la producción y las operaciones: conceptos, modelos y operaciones. México: Prentice-Hall Hispanoamericana.
- León, G. (2008). *Universidad Autónoma de Tenaupipas*. Obtenido de <http://uat.gustavoleon.com.mx/Unidad%203A%20Localizacion.pdf>
- Muñoz Negrón, D. F. (2009). Administración de operaciones: Enfoque de administración de procesos de negocios. México: CENGAGE Learning

# Uso de un coeficiente de correlación basado en ordenamientos difusos para la mejora del consumo energético en la industria siderúrgica

Lic. Oscar González Cruz<sup>1</sup>, Dr. Perfecto Malaquias Quintero Flores<sup>2</sup>  
Ing. Cinthya Berruecos Méndez<sup>3</sup> Dr. José Crispín Hernández Hernández<sup>4</sup>

**Resumen**— Las medidas de correlación son herramientas de análisis estadístico de la dependencia entre dos pares de observaciones, sin embargo estas tienen poca capacidad de análisis frente a bases de datos perturbadas por ruido, los Ordenamientos difusos han surgido con finalidad de modelar las decisiones muy similares a las humanas, tomando en cuenta la gradualidad del pensamiento. Los coeficientes de correlación basados en Ordenamientos dan una medida robusta capaz de trabajar muy bien con base de datos con ruido. Este trabajo busca generar un marco de trabajo para lograr un mejoramiento energético tomando la medida de correlación Gamma basada en ordenamientos difusos, que nos proporcionara la dependencia gradual existente en el proceso de fusión entre las variables que aportan la energía química y eléctrica.

## Introducción

Datos de la Cámara Nacional de la Industria del Hierro y el Acero (Octubre 2014) muestran la importancia del sector siderúrgico en México dentro de la actividad económica, el cual refleja en 2013 una participación de 2.2 por ciento respecto del PIB Nacional, con un comportamiento cíclico directamente proporcional al crecimiento de este indicador. La siderurgia contribuye con 6.4 por ciento del PIB Industrial y en lo que se refiere a la Industria Manufacturera, en 2008 alcanzó su nivel más alto con 14.9 por ciento.

En 2013, el sector presenta un valor de 346 mil 797 millones de pesos (12.6 por ciento del PIB manufacturero).

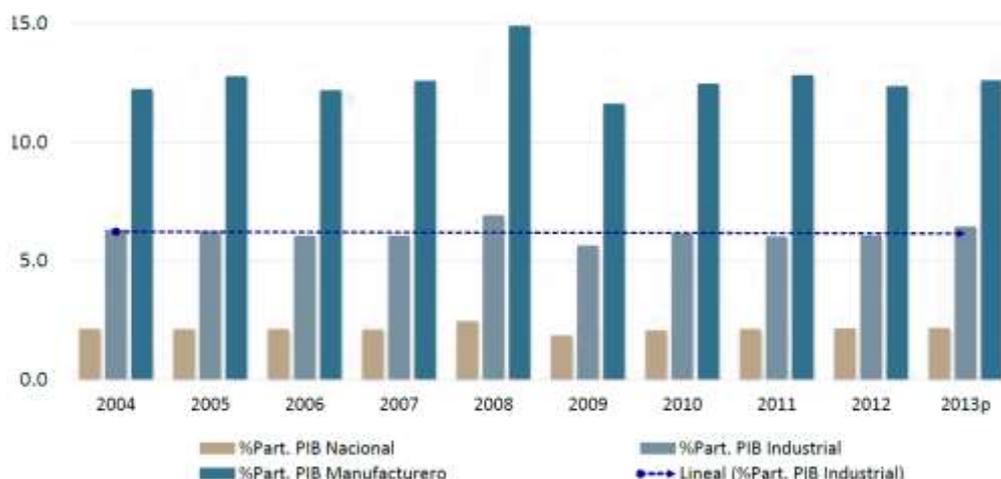


Figura 1. Participación del sector siderúrgico respecto al

En 2012, de acuerdo al volumen de producción de la industria manufacturera, los artículos y subproductos que genera el sector siderúrgico se encuentran ubicados en el tercer lugar respecto del resto de productores del sector secundario.

Dentro de la industria siderúrgica se cuentan con dos métodos principales de producción de acero tanto comercial como ferroaleaciones, y estas están determinadas por la materia prima que ocupa cada proceso:

<sup>1</sup> Lic. Oscar González Cruz es estudiante de la Maestría en Sistemas Computacionales en el Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala [racsocracket@hotmail.com](mailto:racsocracket@hotmail.com)

<sup>2</sup> Dr. Perfecto Malaquias Quintero Flores es Profesor en el Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Apizaco y la Universidad Autónoma de Tlaxcala [kmalakof@yahoo.fr](mailto:kmalakof@yahoo.fr)

<sup>3</sup> Ing. Cinthya Berruecos Méndez es estudiante de la Maestría en Sistemas Computacionales en el Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala [cinthya\\_bm03@hotmail.com](mailto:cinthya_bm03@hotmail.com)

<sup>4</sup> Dr. José Crispín Hernández Hernández Profesor de la Maestría en Sistemas Computacionales en el Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala [josechh@yahoo.com](mailto:josechh@yahoo.com)

- El horno de oxígeno básico (BOF, por sus siglas en inglés Basic Oxygen Furnace): El cual ocupa arrabio obtenido a partir de mineral en instalaciones dotadas de alto horno.
- El horno de arco eléctrico (EAF, por sus siglas en ingles Electric Arc Furnace): Que ocupa casi en un 100% chatarras tanto férricas como inoxidable.

### Planteamiento del Problema

#### Operación en un EAF

El horno de arco eléctrico opera como un proceso de fusión por lotes, para producir lotes de acero fundido conocido "colada". El ciclo de funcionamiento del horno de arco eléctrico se denomina ciclo-tap-to-tap y se compone de las siguientes operaciones:

- *Carga del horno*
- *Fusión*
- *Refinación*
- *De-escorificación*
- *Tapping*

Operaciones modernas apuntan a un tiempo de tap-to-tap de menos de 60 minutos. Algunas operaciones gemelas horno shell están logrando tiempos-coladas de 35 a 40 minutos.

El proceso más importante de producción de acero de plantas que cuentan con un EAF se da en el mismo, el cual se puede ver afectado por factores y condiciones propias del proceso como externas.

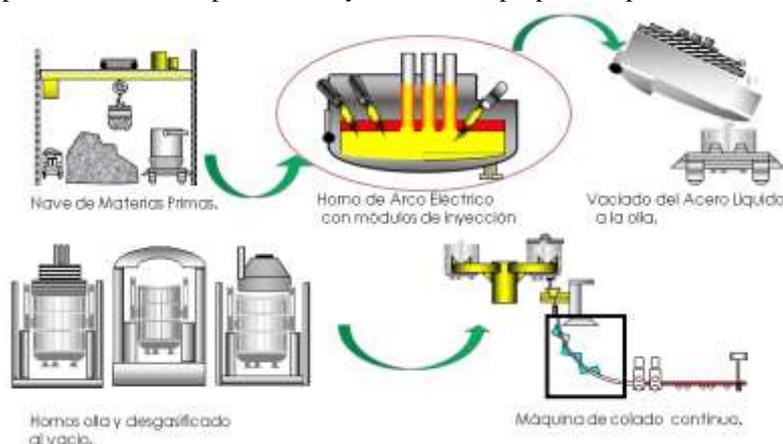


Figura 2. Proceso de fabricación de acero vía EAF.

#### Sustentabilidad

La industria siderúrgica nacional ha enfocado grandes esfuerzos en materia de protección al medio ambiente, esto se refleja claramente en la intensidad de emisiones de CO<sub>2</sub> por tonelada de acero producido alcanzada en los últimos años, que es de 1.3 TCO<sub>2</sub> /T acero, muy por debajo del promedio mundial de 1.7 TCO<sub>2</sub> /T acero. En este mismo rubro, es importante resaltar que de manera voluntaria, desde el 2008 las principales empresas productoras de acero reportan sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a través de un Programa voluntario no gubernamental denominado "Programa GEI".

No solo en materia de emisiones se reflejan los avances del sector siderúrgico en México, en materia de eficiencia energética y con base en estadísticas de consumo energético publicadas por el World Energy Council, para el 2010, México se encontraba entre los 12 países con el consumo energético por tonelada de acero producido más bajo.

Finalmente es importante señalar, que la integración de la chatarra de acero a los procesos productivos para la generación de nuevo acero, forma parte fundamental de la producción nacional de acero, en los últimos años la producción nacional con base en chatarra se ha incrementado 7 por ciento, posicionando el reciclaje de chatarra como el principal productivo de acero, por encima del promedio mundial con relación a la integración de chatarra a los procesos productivos.

#### Consumo energético.

Indicadores del consumo energético del sector siderúrgico señalan lo siguiente:

- Principal consumidor de energéticos en el 2012 del sector industrial con 14 por ciento. Le sigue el cemento con 9 por ciento.
- Principal consumidor de gas seco con un consumo de 20 por ciento del total del sector industrial.
- Tercer consumidor de electricidad del sector industrial con 4.4 por ciento. Lo anteceden el cemento

con 6.4 por ciento y la minería con 5.8 por ciento.

•Segundo consumidor de coque total con 41 por ciento, equivalente al 100 por ciento del consumo de coque de carbón y sólo 2.4 por ciento de coque de petróleo del sector industrial. El principal consumidor de coque total es el cemento con 55 por ciento, cuyo consumo se basa en un 91 por ciento en coque de petróleo.

*Sistemas de control.*

Dado que los sistemas de ingeniería son cada vez más complejos, los sistemas de control necesarios para manipular eficazmente también han crecido en complejidad. Durante años, el estándar de la industria en sistemas de control se estaba estabilizando. En este tipo de sistema de control, diversos parámetros del proceso son conducidos hacia y en última instancia mantenerse en los puntos de ajuste predefinidos, típicamente a través de la aplicación de controladores proporcional-integral-derivativo (PID). En la década anterior, mucho esfuerzo se ha centrado en ir más allá de la estabilización del control, con un enfoque específico en el desarrollo de sistemas de control capaces de generar 1) auto-mejora de los errores de seguimiento, 2) los parámetros de control adaptativo y 3) estimaciones optimizadas de error rendimiento. Estos esfuerzos han resultado en sistemas de control de múltiples componentes y sistemas de control basados en técnicas del campo de la inteligencia computacional.

A fin de mejorar el proceso, es necesario disponer de información que este adecuadamente procesada, dicha información puede ser tomada como entradas de los sistemas de control o complementando a otros medios más convencionales, tales como los sensores de temperatura, módulos de inyección, sistema de control del posicionamiento de los electrodos, propuesto por *Karr y Wilson (2005)*.

**Un coeficiente de correlación basado en ordenamientos difusos.**

*Medidas de correlación*

Las medidas de correlación se encuentran entre las herramientas más básicas en el análisis de datos estadísticos y de aprendizaje automático. Se aplican a dos variables X e Y con dos dominios de orden lineal que son definidos en (1), (2) y (3), donde  $n \geq 2$ :

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \tag{1}$$

$$Y = (y_1, y_2, \dots, y_n) \tag{2}$$

$$(x_i, y_i)_{i=1}^n \tag{3}$$

Estas medidas como establece *Ulrich Bodenhofer (2008)* permiten medir hasta qué punto las dos observaciones cumplan con un determinado modelo. La medida más conocida es el coeficiente de Pearson producto momento, este es aplicable a datos numéricos y asume una relación lineal como el modelo subyacente; Por lo tanto, se puede utilizar para detectar relaciones lineales, pero no las no lineales.

*Ordenamientos difusos*

Los ordenamientos y clasificaciones son esenciales en todos los campos relacionados con la toma de decisiones. El admitir ambigüedad o imprecisión, naturalmente se traduce en la necesidad de especificar las preferencias vagas en dominios nítidas, sino también en la demanda de un marco en el que incluso es posible decidir entre alternativas difusas. Por lo tanto, las ordenaciones y clasificaciones de los conjuntos difusos se han convertido en los principales objetos de estudio en el análisis de decisiones difusas y disciplinas afines, dado por *Ulrich Bodenhofer (2008)*.

El estudio de la similitud, relación difusa, ordenamientos difusos, relación de similitud, y la noción de equivalencia fue iniciado por *Zadeh(1971)* en 1971, en ese documento se define la noción de similitud como una generalización de la noción de equivalencia y un ordenamiento difuso como una generalización del concepto de ordenación. En la última década *Ulrich Bodenhofer (2007,2008)* ha presentado un marco general para la comparación de conjuntos difusos con respecto a una clase general de ordenamientos difusos.

*Ruiz y Hüllermeier (2012)* define lo siguiente, una relación difusa  $L: X^2 \rightarrow [0,1]$ , es llamado *ordenamiento difuso* respecto a una *t-norm T* y una *T-equivalencia E: X^2 \rightarrow [0,1], para brevedad *T-E-ordenamiento*, donde *T-E-ordenamiento L* es fuertemente completo si  $T(L(x, y)), L(y, x)) = \mathbf{1}$  para todo  $x, y \in X$ ,  $E_r(x, y) = \max(\mathbf{0}, 1 - \frac{1}{r} * |x - y|)$  es una  $T_l$ -equivalencia en  $R$  (asumiendo  $r > 0$ ) y  $T_l(x, y)$  denota la *t-norm de Lukasiewicz* la cual se calcula conforme a la ecuación (4).*

$$\mu_{T_l}(x, y) = \max(0, x + y - 1) \tag{4}$$

Para todo  $x, y \in X$ , y basado en la definición de los ordenamientos difusos fuertemente completos se obtienen con la ecuación (5).

$$\mu_{L_r}(x, y) = \min(1, \max(0, 1 - \frac{1}{r} * (x - y))) \tag{5}$$

Es un  $T_L - E_r - \text{ordenamiento}$  fuertemente completo en  $R$ . Con el fin de generalizar la noción de pares concordantes y discordantes, una relación difusa binaria  $R: X^2 \rightarrow [0,1]$ , es llamada un *ordenamiento difuso estricto* con respecto a una  $t$ -norm  $T$  y  $T$ - $E$ -ordenamiento estricto, si es *irreflexiva*  $R(x, x) = 0$  para todo  $x \in X$ ,  $T$ -transitiva, y  $E$ -extensional  $T(E(x, x'), E(y, y'), R(x, y)) \leq R(x', y')$ , para todo  $(x, y, z) \in X$ . Dado un  $T_L - E - \text{ordenamiento}$   $L$  fuertemente completo, se puede demostrar que la relación difusa  $R_x$  se define a través de la ecuación 6:

$$\mu_{R_x}(x_1, x_2) = 1 - L_r(x_2, x_1) \tag{6}$$

Análogamente, para todo  $y \in Y$ ,  $R_y$  es definido en la ecuación 7:

$$\mu_{R_y}(y_1, y_2) = 1 - L_r(y_2, y_1) \tag{7}$$

### Coefficiente de correlación gamma difuso $\tilde{\gamma}$

Las medidas de correlación de rangos establecidas no son ideales para medir el rango de correlación de datos que están perturbados por el ruido, La combinación de un coeficiente de correlación y los ordenamientos difusos nos dan un coeficiente de correlación robusto ideal para manejar datos perturbados con ruido. Este coeficiente se conoce como *coeficiente de correlación-basado en ordenamientos difusos (coeficiente gamma fuzzy)*  $\tilde{\gamma}$ . La descripción formal se define como:

Como lo menciona M. Quintero *et al* (2011) y de acuerdo con la medida de correlación de rangos gamma y teniendo un par de índices  $(i, j)$  donde  $i = (x_i, y_i)$  y  $j = (x_j, y_j)$ , podemos calcular el grado en que  $(i, j)$  es un par concordante con la ecuación (8):

$$C(i, j) = \mu_{T_L}(\mu_{R_x}(x_i, x_j), \mu_{R_y}(y_i, y_j)) \tag{8}$$

Y el grado en que  $(i, j)$  es un par discordantes con la ecuación (9):

$$D(i, j) = \mu_{T_L}(\mu_{R_x}(x_i, x_j), \mu_{R_y}(y_j, y_i)) \tag{9}$$

Donde  $C(i, j)$  es el grado en que los pares de índices  $(i, j)$  es un par concordante y  $dc(i, j)$  es el grado en que los pares de índices  $(i, j)$  es un par discordante, para  $i = (x_i, y_i)$  y  $j = (x_j, y_j)$ , tal que  $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $i \neq j$  y  $n \neq CT + DT$ . Teniendo  $n \geq 2$  pares de observaciones numéricas definido en (1), (2) y (3).

El número de pares concordantes  $CT$  y pares discordantes  $DT$  se obtienen con las ecuaciones (10) y (11), respectivamente:

$$CT = \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i} cc(i, j) \tag{10}$$

$$DT = \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i} dc(i, j) \tag{11}$$

Por lo que la medida de correlación  $\tilde{\gamma}$  basada en los ordenamientos difusos se calcula con la ecuación (12).

$$\tilde{\gamma} = \frac{CT - DT}{CT + DT} \tag{12}$$

Donde se puede calcular  $T_L(R_x(x_i, x_j), R_y(y_i, y_j))$  de acuerdo con la ecuación (4), donde  $R_x(x_1, x_2)$  y  $R_y(y_1, y_2)$  que se puede calcular como en (6) y (7) respectivamente.

### Trabajo Experimental

Para dichos experimentos se toma como base de datos la bitácora que lleva el registro de los datos históricos generados por el proceso de fusión, la cual está constituida de  $N$  objetos (600 coladas), descritos por  $M$  atributos (111 variables) que intervienen en cada colada. Posteriormente se hace una depuración para eliminar errores en la base de datos como: *Celdas vacías* y *Celdas sin valor*, esto para evitar que los resultados se han falseados.

1	VEL. FUSION	Toneladas de chatarra que se funden en un minuto.
2	POTENCIA	Potencia eléctrica del transformador primario.
3	02-1	Oxígeno requerido en el Melting 1.
4	02-2	Oxígeno requerido hasta el Melting 2.
5	02-3	Oxígeno requerido hasta el Melting 3.
6	02-6	Oxígeno requerido hasta la primera temperatura.
7	GRAF-1	Grafito requerido en el Melting 1.
8	GRAF-2	Grafito requerido hasta el Melting 2.
9	GRAF-3	Grafito requerido hasta el Melting 3.
10	GRAF-6	Grafito requerido hasta la primera temperatura.
11	FUCHS-1	Cal dolomita requerida en el Melting 1.
12	FUCHS -2	Cal dolomita requerida hasta el Melting 2.

13	FUCHS -3	Cal dolomita requerida hasta el Melting 3.
14	FUCHS -6	Cal dolomita requerida hasta la primera temperatura.
15	GAS-1	Gas requerido en el Melting 1.
16	GAS -2	Gas requerido hasta el Melting 2.
17	GAS -3	Gas requerido hasta el Melting 3.
18	GAS -6	Gas requerido hasta la primera temperatura.
19	TOTAL KWH/TCM	KWH requeridos para fundir toda la chatarra de la colada.

Cuadro 1. Variables relacionadas con la inyección de la energía eléctrica y química.

En los primeros experimentos se toma de la base de datos 100 registros y solo se toman 19 variables de las 111, las cuales son las que están involucradas en la inyección de la energía eléctrica y química y pueden ser ajustadas durante el proceso de fusión, este para poder dar un perfil de trabajo, donde el operario en turno pueda ajustar los valores en tiempo real.

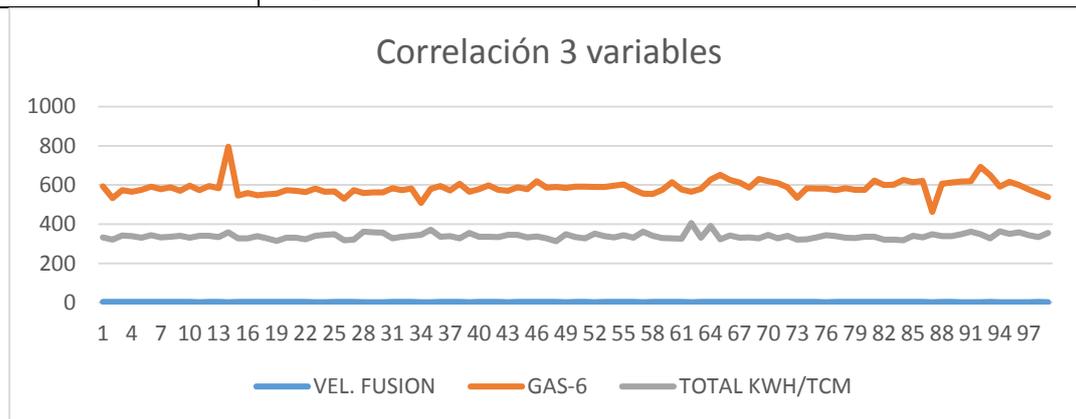
En el cuadro 4 se presentan los resultados obtenidos de los diferentes coeficientes de correlación y el coeficiente de correlación gamma difuso, donde se muestran las variables que obtuvieron un mayor grado de correlación tanto directa como inversa, con lo cual demuestra su eficiencia en el manejo de datos perturbados por ruido.

### Resultados obtenidos

Acontinuacion se mostraran graficas de ejemplo de resultados obtenidos del experimento realizado, donde se buscó la correlaciones de 3, 4 y 5 variables, permitiendo esto generar diferentes perfiles de trabajo para el efcientamiento.

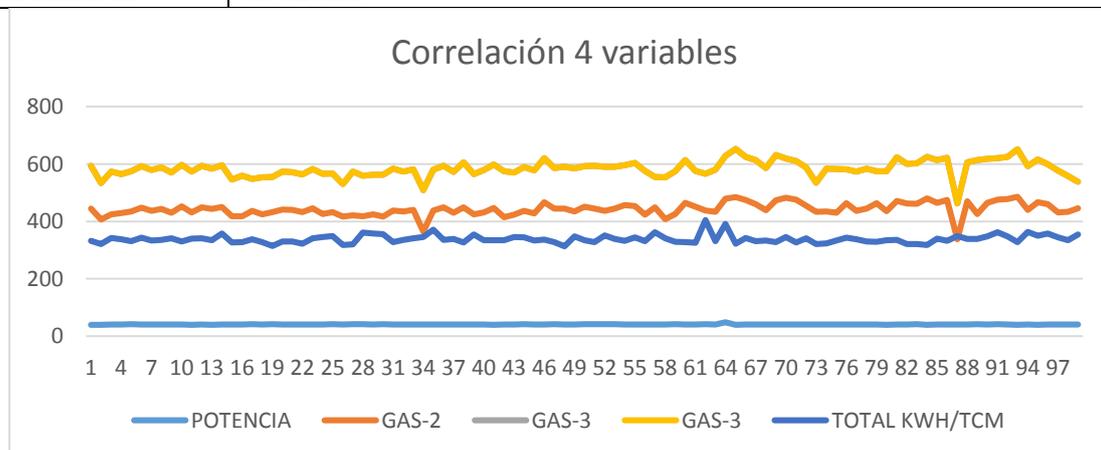
#### Correlación 3 variables:

Variables:	19 +	1+	18+
Correlación:	0.9166660		



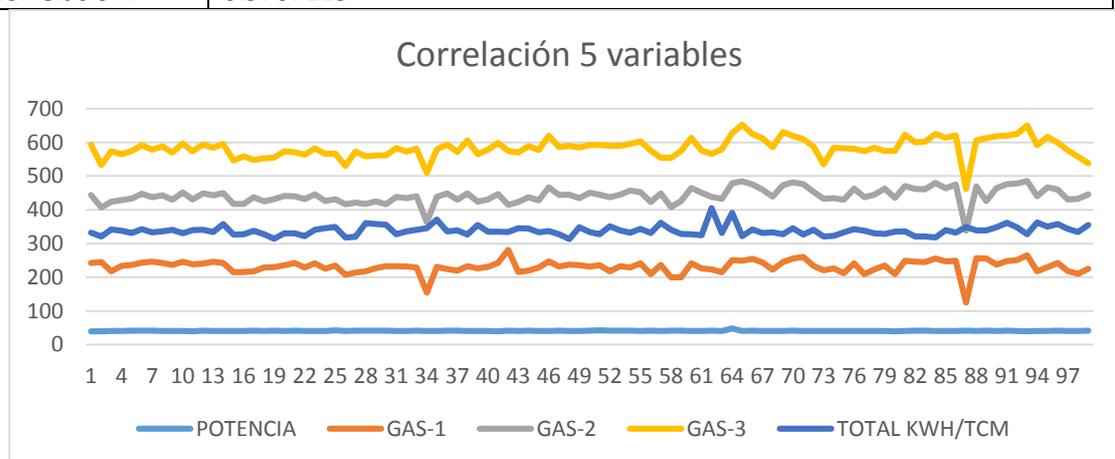
#### Correlación 4 variables:

Variables:	19 +	2+	16+	17+
Correlación:	0.9828857			



**Correlación 5 variables:**

Variables:	19 +	2+	15-	16-	17-
Correlación:	0.9707119				



**Conclusiones**

El uso de medida de correlación basada en ordenamientos difusos provee una herramienta que permite cuantificar la correlación existente entre las variables que intervienen en el proceso de fusión de un EAF a pesar de contener ruido estos datos, generando perfiles que sirven como marco de trabajo para un eficiente uso energético dentro del proceso de fabricación de la industria siderúrgica.

**Trabajos Futuros**

- Ampliar el uso de la base de datos, tanto de los registros (mas de 100 registros), y más de 19 variables y, como tal, el calculo de las correlaciones a mas de 5 variables.
- Generar un algoritmo que trabaje de manera paralela, en una arquitectura multinucleo.

**Referencias**

Cámara Nacional de la Industria del Hierro y el Acero, *Perfil de la Industria Siderúrgica en México 2004-2013*. (Octubre 2014)

C. L. Karr, E. L. Wilson, *Improved electric arc furnace operation via implementation of a fuzzy control system*, *Materials and Manufacturing Processes*, 20:381-405, (Alabama, USA),(2005)

Ismat B. and Samina A.: *Numerical Representation of Product Transitive Complete Fuzzy Orderings*. In *Journal of Mathematical and computer Modelling*. 53, pp. 617-623(2011).

L. A. Zadeh, Similarity Relations and Fuzzy Orderings, in *Information Sciences*, Volumen 3, Issue 2, pp. 177-200,(April 1971).

M. Quintero. F. Del Razo, A. Laurent, N. Sicard, *Parallel Approaches for Mining Fuzzy orderings based Gradual Patterns*, *The Fourth International Conference on Future Computational Technologies and Applications*. (2012)

M. Quintero. F. Del Razo, A Laurent, P. Poncelet, *Fuzzy ordering for fuzzy gradual dependencies: Efficient storage of concordance degrees*, *WCCI 2012 IEEE World Congress on Computational Intelligence* (June 2012)

M. Quintero. A Laurent, P. Poncelet, *Fuzzy Ordering for Fuzzy Gradual Patterns*, in *FQAS 2011, LNAI 7022*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 330-341, (2011).

Ruiz, M. D., & Hüllermeier, E. *A formal and empirical analysis of the fuzzy gamma rank correlation coefficient*. *Information Sciences*, 206, 1-17, (2012).

Ulrich Bodenhofer, *Orderings of Fuzzy Sets Based on Fuzzy Orderings Part I: The Basic Approach*, *Mathware & Soft Computing* 15 (2008) 201-218.

U. Bodenhofer and F.Klawonn, *Towards robust rank correlation measures for numerical observations on the basis of fuzzy orderings*, in *5th Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology* , pp. 321-327, Ostrava, Czech Republic, University of Istrava, Institute for Research and Applications of Fuzzy Modeling (September, 2007).

U. Bodenhofer, F. Klawonn, *Robust rank correlation coefficients on the basis of fuzzy orderings: initial steps*, *Mathware Soft & Computing* 15, 5-20(2008).

# La eficiencia energética y la sustentabilidad en una organización

M en C Angelina González Rosas<sup>1</sup>, Dr. N. Iván Toto Arellano<sup>2</sup>, M en C Juan C. González Islas<sup>3</sup>  
M. en C. J. Marcelo Miranda Gómez<sup>4</sup>

**Resumen.** A lo largo de la historia, la humanidad ha necesitado de la energía para proveerse de una determinada forma de vida, la obtención de esta, ha significado el agotamiento de las fuentes no renovables, situación que está generando la necesidad de buscar alternativas que lleven a la disminución de su consumo por otras que signifiquen una menor cantidad de recurso, lo que conlleva a buscar su eficiencia de tal manera que la cantidad que se consume provenga de una fuente alterna o renovables que no cause o contribuya al deterioro ambiental. En los últimos años, estas energías están teniendo un papel importante en los países desarrollados, con el fin de asegurar que no se generen gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono que dañan de manera irreversible los ecosistemas, de igual manera disminuyan los costos que genera su utilización, pero sobre todo que prevalezca la calidad de vida de los seres humanos. La sustentabilidad implica que los tres ámbitos (sociedad, economía y ecología) se integren de manera eficiente al desarrollo de un país de forma equilibrada, para que esto suceda es necesario que las organizaciones de bienes o servicios trabajen para lograr la eficiencia energética de sus procesos.

Palabras clave: Eficiencia, Energía, Sustentabilidad, Organización

## INTRODUCCIÓN

Los rayos que provienen del Sol traen consigo fotones de características diferentes (rayos gamma, rayos ultravioleta, luz visible, rayos infrarrojos y ondas de radio) y estos constituyen el espectro del Sol (Tonda, 1998)<sup>1</sup>. El origen de la energía que el sol produce e irradia, está en las reacciones nucleares que interrumpidamente se realizan en su interior. En ellas, los átomos de hidrogeno que es el elemento más abundante del sol, se combina entre sí para formar átomos de helio y al mismo tiempo, una pequeña parte de la masa de dichos átomos, se convierten en energía la cual fluye desde el interior hasta la superficie (fotosfera) y de allí es irradiada al espacio en todas direcciones.

Aunque el Sol también emite partículas materiales, la mayor parte de la energía irradiada es transformada en formas de ondas electromagnéticas (fotones) en una amplia gama de longitudes de ondas diferentes, las cuales se desplazan en el espacio vacío a una velocidad de 300 000 (km/s) tardando solamente ocho minutos en recorrer los 150 millones de kilómetros que hay entre el sol y la tierra.

Cada segundo el Sol irradia en todas direcciones de espacio una energía de  $4 \times 10^{20}$  joules lo cual genera, una potencia de  $4 \times 10^{23}$  kilowatts, para hacernos una idea de la enorme magnitud que representan estas cifras, basta considerar la potencia generada por todas las plantas industriales del mundo trabajando juntas sería unos trescientos billones de veces más pequeñas. En el breve lapso de tiempo de un sólo segundo, el Sol irradia mucha más energía que la consumida por todo el género humano desde sus albores hasta nuestros días (Gudiño, 1995)<sup>2</sup>.

La energía es la capacidad que tienen los cuerpos para producir trabajo ya sea mecánico, que emita luz, o que genere calor, puede manifestarse de forma gravitatoria, cinética, química, eléctrica, magnética, nuclear, y radiante entre otras, existiendo la posibilidad de que se transformen entre sí; prácticamente toda la energía de que disponemos proviene del Sol, a él le debemos la producción del viento, la evaporación de las aguas superficiales, la formación de nubes, las lluvias, etc., (Schallenberg et al., 2008)<sup>3</sup>. Su calor y su luz son la base de numerosas reacciones químicas indispensables para el desarrollo de los vegetales y de los animales, cuyos restos, con el paso de los siglos han originado los combustibles conocidos como fósiles (carbón, petróleo y gas natural) en la historia de la humanidad, el hombre ha utilizado las energías renovables como fuente de energía; no es hasta después de la revolución industrial cuando se inicia la utilización generalizada

<sup>1</sup> M. en C. Angelina González Rosas, Profesora de Tiempo Completo de la Ingeniería en Energías Renovables del área Electromecánica Industrial, de la Universidad Tecnológica de Tulancingo, angelina\_gora@hotmail.com.

<sup>2</sup> Dr. Noel Iván Toto Arellano, Profesor de Tiempo Completo de la Ingeniería en Fotónica del área Electromecánica Industrial, de la Universidad Tecnológica de Tulancingo, noelivantoto@hotmail.com.

<sup>3</sup> M. en C. Juan Carlos González Islas, Profesor de Tiempo completo de la Ingeniería en Mecatrónica del área Electromecánica Industrial, de la Universidad Tecnológica de Tulancingo, carlosgonzalez@utec-tgo.edu.mx.

<sup>4</sup> M. en C. Juan Marcelo Miranda Gómez, Profesor de tiempo completo de la Ingeniería en Mecatrónica del área Electromecánica Industrial, de la Universidad Tecnológica de Tulancingo, juanmarcelomiranda@hotmail.com.

de los combustibles fósiles, en la civilización preindustrial la población era artesanal y se producía casi exclusivamente lo que se necesitaba; no existía la publicidad y los artesanos no trataban de incentivar el consumo de sus productos (Schallenberg et al., 2008)<sup>3</sup>. Es lo contrario de lo que ocurre en la sociedad actual, dado que la enorme cantidad de productos que se generan en esta época industrial han de venderse, para lo cual hay que animar el consumo, fundamentalmente a través de la publicidad, pasando a consumir mucho más de lo necesario.

En las últimas dos décadas, los países más desarrollados se están preocupando por los problemas ambientales que se están generando debido al alto consumo de los combustibles fósiles, sin embargo aún no se observa el avance que tienen, principalmente por las cuestiones políticas, económicas y sociales que se deben tomar en cuenta, por lo que se torna un tanto complejo el tomar decisiones como el de cerrar una fábrica o dejar de consumir los combustibles fósiles, como los hidrocarburos provenientes del petróleo, del gas natural y del carbón. En la actualidad, varios países llevan avances significativos en la utilización de combustibles limpios que sustituyen a los tradicionales con resultados favorables con respecto a la disminución de los llamados gases de efecto invernadero (dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, metano CH<sub>4</sub>, óxido nítrico N<sub>2</sub>O, hexafluoruro de azufre SF<sub>6</sub>, HFC y perfluorocarbonos PFC), sin embargo aun hay otros países que apenas están empezando a incursionar en la investigación de alternativas que los sustituyan o en los aportes que se tienen por su aplicación.

La eficiencia energética se refiere a la cantidad de potencia que se puede desarrollar al captar la radiación solar en dispositivos fotovoltaicos y termosolares en una determinada región de estudio. Para calcular el potencial solar, se debe determinar la radiación solar, que corresponde al valor medio de los valores diarios de la radiación global (radiación directa más radiación difusa). Este valor se puede determinar por medio de un equipo denominado piranómetro. Si se toman los valores de radiación cada cierto número de minutos al día, por integración, se podrá obtener el nivel de energía solar incidente diaria en kWh/m<sup>2</sup>/día (García, 2011)<sup>4</sup>.

El sector energético es uno de los más importantes para la economía de un país pues genera factores esenciales para todas las actividades productivas y bienes de consumo necesarios para los hogares. La agenda de desarrollo sustentable, sugiere la promoción de las energías renovables como una estrategia importante por dos razones importantes: las fuentes fósiles aún son predominantes y generan diversos contaminantes, incluyendo los principales gases de efecto invernadero (GEI), y son no renovables (Larios, 2012)<sup>5</sup>.

El vínculo entre la producción económica mundial y las emisiones de GEI relacionadas con la energía se debilita considerablemente, pero sin llegar a romperse: la economía crece un 88% de 2013 a 2030 y las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía, un 8% (alcanzando las 34,8 gigatoneladas). Las energías renovables se convierten en la principal fuente de electricidad hacia 2030, ya que la media de inversiones anuales en renovables no hidráulicas es un 80% más elevada que los niveles vistos desde 2000. Sin embargo, la capacidad de generación

Algunos científicos consideran que la tierra se está calentando y que la razón de ello es el aumento de los gases invernadero debido a la actividad humana, de modo que cualquier aumento en los gases invernadero, contribuye al incremento global de temperatura promedio y con esto se contribuye al cambio climático. El principal gas invernadero es el dióxido de carbono o CO<sub>2</sub> y se estima que el 95% de las emisiones de CO<sub>2</sub> provienen del uso de combustibles fósiles, este porcentaje representa la producción total de CO<sub>2</sub>, no solo la debida a la generación de energía eléctrica (Harper, 2012)<sup>6</sup>.

De acuerdo con el Balance Nacional de Energía de México (BNE, 2008), la producción de energía primaria sumo 10,500.16 (PJ), el 89.1% corresponde a hidrocarburos y el resto se distribuye de la siguiente manera, el 5.4% a electricidad primaria, biomasa el 3.3% y carbón el 2.2%.

La mayor parte de la energía que se consume en el mundo se dedica a la producción de electricidad y al transporte, este último muestra una tendencia al alza. Otro factor que obliga a la utilización de las energías renovables especialmente la solar fotovoltaica por su alta disponibilidad para la generación de energía eléctrica, térmica y lumínica.

De esta manera se espera brindar una solución para el cambio de equipos de iluminación actualmente considerados como ineficientes, que tienen un impacto ambiental considerable derivados de la generación, distribución y consumo de los sistemas de producción energética de los que dependen.

El inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) es la contabilidad de las emisiones de gases y partículas que resultan de las actividades antropogénicas aumentando la concentración de gases en la atmósfera en niveles superiores a los que son producidos en forma natural. Los gases que se consideran de efecto invernadero son CO<sub>2</sub>, CO, SOx, NOx y CH<sub>4</sub>, cuyo efecto final sería el calentamiento global de la tierra, causando cambios en los patrones de comportamiento del clima, las lluvias y los vientos y aumentando el nivel del mar, cambios que ocasionarían catástrofes impredecibles. A partir de los inventarios detallados de

Gases de Efecto Invernadero (GEI), se identifican las principales causas de estas emisiones, su evolución histórica y su posible aumento o comportamiento hacia el futuro y se facilita la selección de alternativas para su control o mitigación (García, 2011)<sup>4</sup>.

## DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

### Objetivo

Realizar el estudio de eficiencia energética para el Museo de Datos Históricos a través de un dimensionamiento fotovoltaico.

### ➤ Antecedentes

La energía solar se manifiesta en un espectro que se compone de radiación ultravioleta, visible e infrarroja. Al llegar a la Tierra, pierde primero su parte ultravioleta, que es absorbida por la capa de Ozono que se presenta en el límite superior de la atmósfera. Ya en la atmósfera, la parte infrarroja se pierde ya sea por dispersión al reflejarse en las partículas que en ella se presentan o al llegar a las nubes, que son capaces de reflejar hasta un 80% de la radiación solar que a ellas llega. El resto llega a la superficie, ya sea de manera directa o indirectamente como reflejo de las nubes y partículas en la atmósfera. La radiación solar que llega a la superficie terrestre se puede transformar directamente en electricidad o calor. El calor, a su vez, puede ser utilizado directamente como calor o para producir vapor y generar electricidad (Solarízate ,2013)<sup>7</sup>. La energía solar se manifiesta de diversas formas y su aplicación ha sido fundamental para el desarrollo de la humanidad. A estas formas se les conoce como energías renovables, ya que son formas de energía que se van renovando o rehaciendo con el tiempo o que son tan abundantes en la tierra, que perdurarán por cientos o miles de años.

Las energías renovables ofrecen la opción de obtener energía útil para diversas aplicaciones, su aprovechamiento tiene menores impactos ambientales que el de las fuentes convencionales y poseen el potencial para satisfacer todas nuestras necesidades de energía presente y futura. Entre las diferentes fuentes de energía renovable las de mayor potencial son las siguientes: a) **Energía solar**: \* Sistemas Fotovoltaicos: funcionan a través del cual la luz solar se convierte en electricidad sin usar ningún proceso intermedio. Los dispositivos donde se lleva a cabo la transformación de luz solar en electricidad se llaman generadores fotovoltaicos; \*Sistemas Fototérmicos: funcionan por medio de la conversión de la luz solar en calor sobre superficies que transfieren dicha energía a fluidos de trabajo para producción de calor de proceso. Esto se puede conseguir por medio de dispositivos planos como superficies selectivas o por medio de dispositivos de concentración de radiación con superficies especulares y selectivas; son una forma confiable y limpia de producción en pequeña y mediana escala; b) **Energía eólica** \*Es la energía obtenida del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas. La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan de zonas de alta presión atmosférica hacia otras adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales (Robledo et al., 2003)<sup>8</sup>. **Biomasa**- Es la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Para hacer distinción entre las formas de uso de esta materia se propone una forma de división en biocombustibles y bioenergéticas; **Energía hidráulica** – se utiliza la energía del agua que cae por gravedad, para hacer girar turbinas y generar electricidad; está energía que se genera depende del control de un curso de agua, como por ejemplo un río, a menudo con una presa; **Energía geotérmica** – viene de fuentes naturales, tales como aguas termales y chorros de vapor, y las utilizan para producir electricidad o suministrar agua caliente a una región, las plantas de energía geotérmica envía el vapor que llega a la superficie de la tierra hacia turbinas que giran e impulsan generadores que producen electricidad.

Actualmente las energías renovables se están posicionando con relación a las energías fósiles (carbón, petróleo, gas), para contribuir a satisfacer la demanda creciente en los sistemas eléctricos y además en forma competitiva económicamente en la mayoría de los casos. Hoy día se espera que las energías renovables puedan jugar un papel importante en la sustitución de las energías fósiles no renovables, no sólo por su posible extinción, sino también por la contaminación que produce.

Otra forma de ahorrar energía es a través de los sistemas de iluminación, estos se clasifican en dos grupos: **los convencionales y los no convencionales**. Tanto los sistemas convencionales como los no convencionales se pueden alimentar de la red doméstica de abastecimiento de energía eléctrica, pero los sistemas no convencionales son especialmente interesantes para alimentarse con energía proveniente de

fuentes renovables. Los sistemas convencionales de iluminación emplean luminarias a lámparas incandescentes, lámparas de arco, lámparas de filamentos de carbono y lámparas fluorescentes entre otras, debido a la naturaleza de las luminarias, sólo una parte de la energía eléctrica consumida se transforma en energía luminosa, por lo que los sistemas convencionales se consideran ineficientes. Por otro lado, los sistemas no convencionales de iluminación, se aplican en iluminación ambiental, decorativa, puntual y funcional. Estos sistemas incorporan luminarias con un alto nivel de eficiencia, de baja potencia y de intensidad lumínica aceptable, alimentadas de voltajes de 12V, 24V, 30V, 64V; las luminarias habituales en estos sistemas utilizan tecnología LED(Light Emitting Diode), (Alvarado et al., 2013)<sup>9</sup>.

## RESULTADOS

Un dimensionamiento solar fotovoltaico coadyuva al uso racional y eficiente de la energía eléctrica para reducir costos y consumos energéticos en el edificio, concientizando al personal sobre la importancia de las energías renovables y poder modificar las luminarias para una mejor visibilidad, colores más específicos para la reducción de daños a la salud, generando un ambiente atractivo y seguro. Ahora bien Tulancingo de Bravo, estado de Hidalgo, por su ubicación cuenta con un recurso solar suficiente, para ser utilizado para este propósito, pues la irradiación solar promedio anual que recibe es de 5,3 kWh/m<sup>2</sup> por día, por lo que su aprovechamiento es de alto impacto.

A través de la determinación de variables físicas **plasmadas en** una tabla que abordara aparatos y luminaria que permita conocer el total del consumo energético como se muestra en la tabla 1, (dimensionamiento de luminaria solar, cálculos del panel fotovoltaico); eléctricas (consumo del promedio energético de la casa habitación, potencial energético de los paneles solares, consumo energético); climatológicas (radiación, orientación del sol, área de localización, horas donde hay más sol al día).

Tabla 1. Información que contienen la cantidad de aparatos y la cantidad de energía que consumen, información base para llevar a cabo el dimensionamiento del edificio.

Área	Aparatos	Número de aparatos	Consumo en W	Horas de uso por día	Días de uso en una semana	Total Wats por día	Total Watts por semana	Total kW bimestral	Consumo anual en kW.
Pasillos	focos de halógeno	27	70	9	6	17010	102060	816.48	4898.88
Entrada	focos incandescentes	3	60	9	6	1620	9720	77.76	466.56
Segunda planta	reflectores	5	70	9	6	3150	18900	151.2	907.2
Oficina	focos incandescentes	1	60	4	6	240	1440	11.52	69.12
	computadora	1							
	impresora	1							
Baño 1	lampara fluorescente	1	75	9	6	675	4050	32.4	194.4
Baño 2	lampara fluorescente	1	75	9	6	675	4050	32.4	194.4
<b>Total</b>			<b>410</b>			<b>23370</b>	<b>140220</b>	<b>1121.76</b>	<b>6730.56</b>

Una vez obtenido el registro de energía que se utiliza en el museo, se procedió al cálculo de parámetros en cuanto al uso de energía y así obtener un diagnóstico para conocer qué tipo de sistema es más adecuado para satisfacer la necesidad de demanda eléctrica y con esta información de determinan las características de los paneles solares, tipo de inversor, tipo de baterías y accesorios que son necesarios para la instalación de ambos sistemas.

El diagrama de costos y recuperación aislado e interconectado del museo de Datos Históricos se presenta en las figuras 1 y 2.

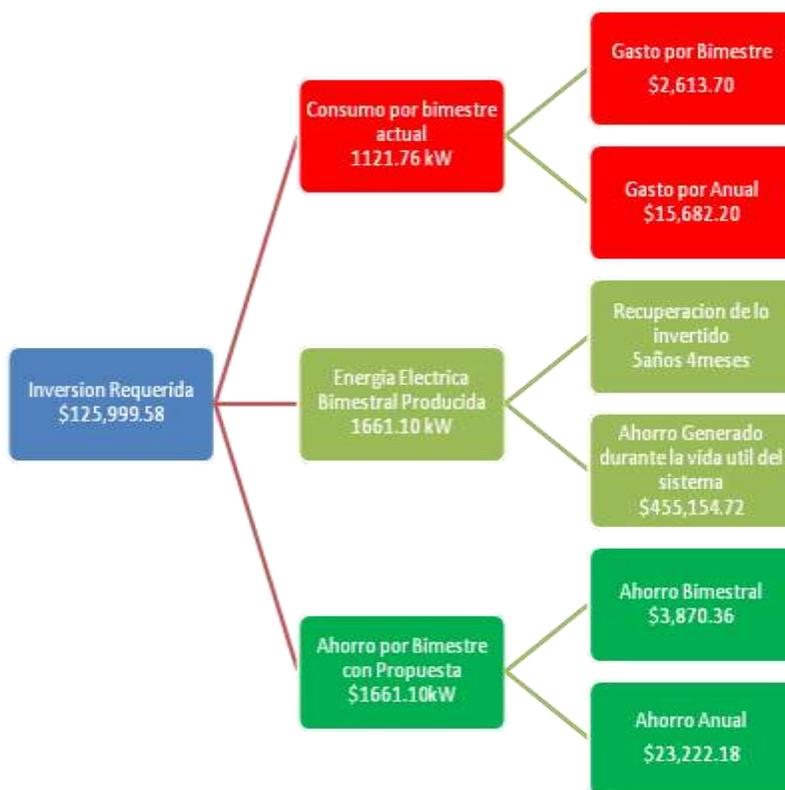


Figura 1. Análisis del costo-beneficio de un sistema interconectado a la Red eléctrica de C.F.E., para el Museo.

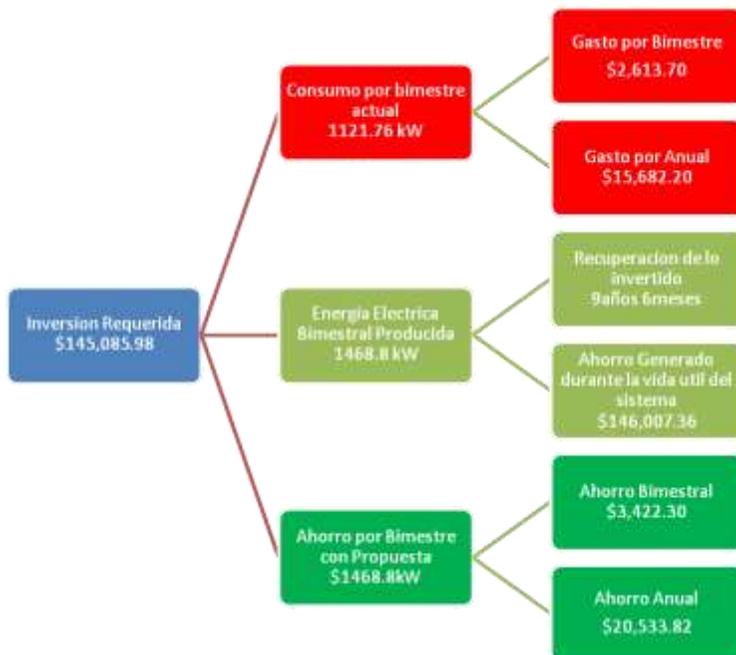


Figura 2. Análisis del costo-beneficio para el sistema aislado a la Red eléctrica convencional aplicable al edificio del Museo.

Como se puede observar es conveniente utilizar un sistema interconectado a la Red, hay mayor cantidad de potencia producida por el sistema y periodo de recuperación es la inversión es menor

## CONCLUSIONES

La realidad del cambio climático hace que el uso de la energía a escala global se encuentre bajo intenso debate, por ello la importancia del ahorro, la calidad y la eficiencia energética aplicado a cualquier edificio, casa habitación o industrial.

La utilización de cualquier tipo de energía renovable, siempre dará beneficios a quien las utilice, principalmente por los ahorros económicos que genera, el potencia de energía que se recibe y que se puede contener en baterías o en otros aparatos, para ser utilizadas en el momento que se requieran, los sistemas de iluminación con tecnología LED son otra forma de eficiencia energética, sin embargo la energía solar fotovoltaica es la más barata, debido a que todas las regiones del mundo la poseen, es gratuita y de fácil acceso. Si bien la energía eléctrica es la más utilizada en el planeta, no todos los habitantes tienen acceso a ella. El compromiso es hacerla llegar a toda esta gente sin incrementar los costos.

Luego entonces el desarrollo de sistemas interconectados y aislados para la implementación en el museo de Datos Históricos nos indica que con base al análisis y diagnóstico obtenido durante la realización del proyecto, el sistemas interconectado a la red es viables para la generación de energía eléctrica satisfaciendo su demanda energética, ahorrando gastos en su consumo y coadyuvando a la preservación del medio ambiente mediante la reducción del CO<sub>2</sub>, entre otros beneficios.

## BIBLIOGRAFÍA

- <sup>1</sup> Tonda Juan (1998) "El oro solar y otras fuentes de energía" La ciencia para todos, México, pp34 a 35.
- <sup>2</sup> Gudiño Ayala David, (1995), "Energía Solar" Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente, México, pp15.
- <sup>3</sup> Schallenberg, Rodríguez Julieta C., Piernavieja Izquierdo Gonzalo, Hernández Rodríguez Carlos, Unamunzaga Falcón, Pedro, García Déniz Tamón, DíazTorres Mercedes, Cabrera Pérez Delia, Martel Rodríguez Gilberto, Pardilla Fariña Javier, Subiela Ortin Vicente (2008) Energías renovables y eficiencia energética, Instituto Tecnológico de Canarias, S.A., Canarias, España, pp. 148.
- <sup>4</sup> García Fabio, (2011), Manual de Estadísticas Energéticas, Agencia Internacional de Energía AIE, OCDE/AIE, Paris, Francia, pp. 191.
- <sup>5</sup> Larios Vázquez Andrea (2014), La energía renovable en México: perspectivas desde el Balance Nacional de Energía 2012, Economía Informa, 385.
- <sup>6</sup> Enríquez Harper (2012), El ABC de las energías renovables en los sistemas eléctricos, Editorial Limusa, México, pp14.
- <sup>7</sup> Solarízate (2013), Energía solar para nuestra vida cotidiana, México, pp.3
- <sup>8</sup> Robledo Pedro, Tamez Carlos (2003), Manual de ecología y educación ambiental, Editorial PNUMA "", México, pp7 a 9
- <sup>9</sup> Alvarado Évelin, Jaramillo Jorge, (2012), Sistemas fotovoltaicos para iluminación: sistemas de iluminación en 12V, Universidad Tecnológica de la Loja, Loja, Ecuador.

# La sensibilización de la sociedad, necesidad prioritaria para disminuir el impacto ambiental

Angelina González-Rosas<sup>1</sup>, Juan C. González-Islas<sup>2</sup>, N. Iván Toto-Arellano<sup>3</sup>, J. Marcelo Miranda-Gómez<sup>4</sup>

**Resumen.** La actividad humana es uno de los factores que generan una mayor cantidad de contaminantes hacia el medio ambiente, debido principalmente a los altos consumos de combustibles fósiles, necesarios para desarrollar sus actividades cotidianas, situación que está generando entre otros los llamados gases de efecto invernadero y la tala indiscriminada de árboles, el incremento en los costos por el consumo de energía que proviene de la Red nacional, a través de la sensibilización de la sociedad se disminuirá el impacto negativo del medio ambiente al utilizar de mejor manera los recursos naturales existentes, los estudiantes de los niveles media superior y superior son los agentes precursores del cambio para disminuir el nivel de impacto ambiental mediante la utilización de material didáctico que coadyuve a su sensibilización.

Palabras clave: Sensibilización, Sociedad, Impacto, Ambiental

## INTRODUCCIÓN

Desde sus orígenes, la humanidad ha mantenido una estrecha relación con la naturaleza. De ella ha obtenido, a lo largo de su historia, alimentos, combustibles, medicamentos y materiales diversos, además de materias primas para la fabricación de vestido, vivienda u otro tipo de infraestructura, entre muchos otros productos (SAGARPA, 2012)<sup>1</sup>. Estas actividades han hecho que la sociedad aún cuando están consientes de la cantidad de los recursos naturales de que se dispone, no han provisto de herramientas útiles que no las agredan lo que ha ocasionado que bosques, selvas y otros ecosistemas naturales estén siendo transformados a tierras ganaderas, agrícolas y zonas urbanas; que las aguas de ríos, lagos y mares se encuentren contaminadas, que los recursos pesqueros estén sobreexplotados; que enormes cantidades de desechos sólidos o líquidos se depositen directamente en el suelo o el agua, además de ello el abuso de la utilización de los combustibles fósiles (quema) se emitan grandes cantidades de gases a la atmósfera. Lo que está provocado la degradación ambiental y la afectación de la salud de la población humana.

## Población mundial

En las últimas décadas se ha puesto atención al crecimiento acelerado de la población en el mundo, de acuerdo a estimaciones, desde el inicio de la presente Era y hasta el año 1000, la población no había rebasado los 300 millones de personas, sin embargo 500 años más tarde, el número de habitantes era de aproximadamente 484 millones. En 1750, esta cantidad ya se había incrementado 200 millones más, llegando aproximadamente a 700 millones de habitantes. Para inicios del siglo XX esta población se había incrementado poco más de dos veces llegando a 1 550 millones de habitantes (Caldwell, 2002)<sup>2</sup>, para 1959 el crecimiento poblacional se aceleró por el incremento de la natalidad y el decremento de la mortalidad este efecto se da principalmente por el uso de antibióticos, vacunas e insecticidas; para finales de 2013 ya la población mundial llegó a los 7000 millones de personas, sin embargo la División de Población de las Naciones Unidas prevén que para el 2050 existan más de 9000 millones de personas (SEMARNAT, 2012)<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> M. en C. Angelina González Rosas, Profesora de Tiempo Completo de la Ingeniería en Energías Renovables del área Electromecánica Industrial, de la Universidad Tecnológica de Tulancingo, angelina\_gora@hotmail.com.

<sup>2</sup> M. en C. Juan Carlos González Islas, Profesor de Tiempo completo de la Ingeniería en Mecatrónica del área Electromecánica Industrial, de la Universidad Tecnológica de Tulancingo, carlosgonzalez@utec-tgo.edu.mx.

<sup>3</sup> Dr. Noel Iván Toto Arellano, Profesor de Tiempo Completo de la Ingeniería en Fotónica del área Electromecánica Industrial, de la Universidad Tecnológica de Tulancingo, noelivantoto@hotmail.com.

<sup>4</sup> M. en C. Juan Marcelo Miranda Gómez, Profesor de tiempo completo de la Ingeniería en Mecatrónica del área Electromecánica Industrial, de la Universidad Tecnológica de Tulancingo, juanmarcelomiranda@hotmail.com.

El incremento poblacional trae consigo una mayor demanda de recursos naturales, lo que conlleva a un desproporcional decremento de las reservas en la naturaleza; es así que para cubrir el requerimiento de alimentos tanto para uso humano como animal, el sector agrícola utiliza actualmente el 11% de la superficie terrestre y el 70% del agua total extraída de los mantos acuíferos, ríos y lagos, lo que lo convierte en el mayor usuario de los recursos naturales del mundo.

En los últimos 50 años, la superficie cultivada en el planeta creció 12%, cifra que toma mayor relevancia si se considera que la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha calculado que para satisfacer las necesidades de la población se requeriría aumentar la producción mundial de alimentos en 70% para el año 2050 en comparación con los niveles de 2009 (FAO, 2011)<sup>4</sup>. Estas actividades generan una gran cantidad de contaminantes las cuales llegan a la atmósfera, al suelo y a los cuerpos de agua, degradando aún más a los ecosistemas; de acuerdo a los estadísticas presentadas en el Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, en 2010, cada habitante del planeta emitió a la atmósfera en promedio 4.44 toneladas de CO<sub>2</sub>, uno de gases de efecto invernadero (GEI) causante del calentamiento global, lo que indica que en los Estados Unidos de Norteamérica un habitante emitió en promedio 17.3 toneladas; 3.85 toneladas uno de México y tan sólo 60 kilogramos uno de Etiopía (IEA, 2012)<sup>5</sup>. Con respecto a la generación de residuos sólidos urbanos, en 2010 un habitante de Estados Unidos produjo en promedio 720 kg, mientras que uno de México 370, y uno de China 250 kg (OECD, 2013)<sup>6</sup>.

México no ha sido ajeno al crecimiento poblacional mundial ni al impacto de la población en el ambiente, como se ha podido observar en los párrafos anteriores, la población contribuye al deterioro ambiental por la participación productiva, en la agroindustrial, en la generación de energía y en la parte social. A comienzos del siglo XXI, la tasa de crecimiento nacional era de 1.2%, muy similar a la que había a inicios del siglo XX, pero con una población entre siete y ocho veces mayor. En el año 2010, en el país habitaban 114.26 millones de personas: 51.2% de ellas mujeres y 48.8% de hombres (CONAPO, 2013)<sup>7</sup>. De acuerdo a las proyecciones que hace el Consejo Nacional de Población señalan que el crecimiento al 2050 sea de 128.9 millones de mexicanos. Por lo que se deben considerar la manera de atención con respecto a las necesidades básicas que requerirán las personas para su supervivencia.

## Biodiversidad

La biodiversidad y los recursos naturales son fundamentales para el mantenimiento del bienestar humano, y para el desarrollo económico y social. Al mismo tiempo, se constata la amenaza que pesa sobre las especies y los ecosistemas, representada por la continua pérdida de especies a un ritmo preocupante, en respuesta a esta situación, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) promovió el Convenio sobre la Diversidad Biológica en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (*Cumbre de la Tierra* de Río de Janeiro, 1992). La voluntad creciente de la comunidad internacional por el desarrollo sostenible sirvió de inspiración al Convenio sobre la Diversidad Biológica, que representa un paso decisivo hacia la conservación de la biodiversidad y la utilización sostenible de los recursos naturales (Viota, 2010)<sup>8</sup>. A partir de la ratificación por los países de la Convención para la Biodiversidad, diversas estrategias y planes para la conservación de la biodiversidad han estado presentes en las políticas europeas, siendo principalmente para la conservación y restauración de la biodiversidad específicamente en la protección de especies y hábitats, lo que ha conducido a desarrollar políticas de protección de determinados espacios y a la definición de áreas protegidas, sin embargo la sola protección de áreas de alto valor natural, a pesar de ser necesaria, no es suficiente para reducir la pérdida de biodiversidad.

De acuerdo a las observaciones que hace referencia la UNESCO “las políticas de conservación y de gestión de los recursos naturales, se han basado en estrategias dirigidas a planificar un determinado sector, sin considerar las posibles consecuencias globales de una actividad en el medio ambiente y en la sociedad”, un factor importante que se debe tener en cuenta para la preservación futura de los recursos naturales, como lo indica (Tallis et al., 2009)<sup>9</sup>, al maximizar la producción agrícola se puede conducir a degradación de la calidad del agua en ríos y mantos acuíferos.

Para reducir la pérdida global de biodiversidad en las próximas décadas y cumplir con los compromisos adquiridos en la última reunión es necesario que se realicen cambios estructurales en la forma de producción y de consumo. Además es necesario un enfoque integrador desde distintos sectores y a través de una combinación de diferentes medidas. Una ordenación sostenible del territorio supone la integración de las perspectivas ecológica, social, económica e institucional, basada en el reconocimiento de la gran

interdependencia existente entre ellas (Pikitch *et al*, 2004)<sup>10</sup>. Este enfoque ecosistémico en la gestión supone una total interrelación entre el bienestar humano y ecológico, de tal manera que la sostenibilidad solamente es posible si se da en los dos ámbitos simultáneamente.

Mediante iniciativas de capacitación y reparto de los beneficios, las reservas de la biosfera tratan de cumplir los objetivos de la conservación medioambiental, el desarrollo económico, la investigación científica y la educación (Viota, 2010)<sup>8</sup>.

### Cambio climático

Por cambio climático se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. Sus efectos son considerables sobre el sector agropecuario, ya que este es altamente dependiente del clima y, por lo tanto, vulnerable a los cambios del clima. Entre los efectos del cambio climático se tiene el incremento en la temperatura, lo cual tiene efectos negativos en el desarrollo vegetativo de los cultivos y provoca la proliferación de malas hierbas e insectos dañinos, así como la aparición o reemergencia de enfermedades.

## DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

### Objetivo

Desarrollar material didáctico para la sensibilización ambiental de los estudiantes de las instituciones del nivel media superior y superior del municipio de Tulancingo, Hgo.

### Antecedentes

La educación ambiental en México muestra una consolidación creciente, los logros alcanzados hablan de tendencias de mayor madurez en diferentes ámbitos de la vida nacional, lo que manifiesta que se están dando pasos firmes en materia de organización y formación profesional, así como en el campo de la producción teórica nacional en educación ambiental, sin embargo, se presentan rezagos importantes como lo que ocurre en cuanto a legislación y en la presencia dentro de las políticas públicas (Reyes *et al.*, 2008)<sup>11</sup>.

México es uno de los países con una mega diversidad cultural y biológica, dato significativo ya que una de las vertientes de trabajo de la educación ambiental está vinculada al desarrollo comunitario rural e indígena. Las organizaciones de la sociedad civil manifiestan los primeros proyectos de lo que ahora son la razón y la necesidad de sistematización de la educación ambiental, la academia desde los años cuarenta generó propuestas educativas relacionadas con el conocimiento de la biología y la importancia de la conservación de animales y plantas.

En 1985 se realiza un estudio sobre la situación ambiental que guardan los programas de estudio y los libros de texto de educación preescolar, primaria, secundaria, normal y bachillerato. El estudio está dirigido a fundamentar ante la Secretaría de Educación Pública (SEP) la necesidad de fortalecer la dimensión ambiental en los diferentes niveles y modalidades educativos. La década de los noventa se caracterizó por la necesidad de organización de los educadores ambientales y el desarrollo de eventos académicos que promovían el intercambio de experiencias y ofrecían capacitación en el campo, surgiendo nuevos actores en este ámbito: grupos ecologistas, académicos, ambientalistas y de adscripción gubernamental; por la sociedad civil, se inició la formación de redes regionales y estatales de educadores ambientales.

El nuevo siglo y los cambios conceptuales y políticos, llevaron a replantear las estrategias de educación ambiental mediante nuevos planes de educación ambiental, capacitación y comunicación educativa para el desarrollo sustentable permitiendo la participación conjunta de actores, instituciones y organizaciones de la sociedad. La educación ambiental fue considerada una herramienta para adquirir conocimientos, interiorizar actitudes, crear habilidades, modificar comportamientos, cambiar conductas individuales y colectivas, despertar una conciencia crítica y desarrollar la práctica de tomar decisiones, ya sea para un aprovechamiento integrado de los recursos naturales, como para la solución de problemas ambientales e incluso la construcción de sociedades diferentes (Reyes *et al.*, 2008)<sup>11</sup>.

Derivado está importante consideración, es que se plantea la necesidad de sensibilizar a los estudiantes del nivel media superior en el cuidado y preservación de los recursos naturales de la región, así como el óptimo aprovechamiento de los productos existentes y reutilización de los ya usados.

## RESULTADOS

Se desarrollaron una serie de mecanismos mediante los cuales se espera captar la atención de los jóvenes estudiantes de Bachillerato con el propósito de hacer conciencia en la importancia del cuidado de los recursos naturales, en su mejor aprovechamiento y en el desarrollo de nuevas técnicas y tecnologías para hacer más eficiente la energía que se utiliza en las distintas actividades que realizan.

Para ello de desarrollo un software interactivo, que contiene los conceptos y definiciones de ecosistemas, recursos naturales y energías renovables, a través del cual los estudiantes van comprendiendo la importancia del ser humano y su evolución en el planeta para tener una mejor calidad de vida; asimismo se diseñaron trípticos, presentaciones en Power Point, cintillas-pulseras para las manos, para ser proporcionadas a los estudiantes una vez concluidas los talleres de sensibilización, la figura1, muestra el reverso de un tríptico.



Figura1. Reverso de Tríptico elaborado para el Taller de sensibilización ambiental.

En la figura 2, se muestra la carátula de presentación en Power Point del curso de sensibilización al personal docente y administrativos del Bachillerato COBAEH Tulancingo.



Figura 2. Carátula de la 1er Curso de Sensibilización una educación ambiental aplicada a 55 estudiantes del Bachillerato de COBAEH, Tulancingo.



Figura 3. Vista de la primera capacitación de sensibilización de los jóvenes estudiantes, en las instalaciones del Bachillerato COBAEH, Tulancingo.

El programa establece la sensibilización se aplique a todos los estudiantes del bachillerato, al personal docente y administrativo, durante el presente año, con el fin de empezar aplicar técnicas de clasificación y reutilización de la basura, sistemas de composteo y el reciclaje de productos de plástico, cartón y aluminio.

### CONCLUSIONES

La sensibilización ambiental de la sociedad es sin lugar a dudar el primer paso para lograr una sustentabilidad, regional, estatal y nacional, con ello se consigue que los jóvenes estudiantes de bachillerato se preparen con conocimientos, actitudes, valores, para que desarrollen habilidades, creen una conciencia crítica, modifiquen sus comportamientos, cambien su conducta individual y colectiva, pero sobre todo, tomen decisiones en beneficio de medio ambiente, aprovechen de manera sustentable los recursos naturales de que disponen, de tal manera que eficienten la calidad de la energía que consumen utilizando las energías renovables como una fuente viable para mejorar la seguridad alimentaria y su calidad de vida.

La promoción de la educación y la participación social en la conservación de los recursos naturales y en la mejora de la calidad ambiental y la calidad de vida, promoverá la construcción de una sociedad más sostenible, solidaria y pro ambiental, que se refleje en un mundo con mejores expectativas de crecimiento con equidad.

### BIBLIOGRAFÍA

- <sup>1</sup> Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (2012) México: el sector agropecuario ante el desafío del cambio climático, SAGARPA, México, pp. 439.
- <sup>2</sup> Cadwell John C., Schindlmayr Thomas (2002) Historical Population Estimates: Unraveling the consensus, Population and Development Review, 28 (2): 183-204, June 2002.
- <sup>3</sup> Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2012), Informe de la Situación del Medio Ambiente en México: Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave y de desempeño ambiental, Edición 2012, SEMARNAT, México, pp. 382.
- <sup>4</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2011), El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura: Cómo gestionar los sistemas en peligro, FAO, Roma.
- <sup>5</sup> International Energy Agency (2012), CO2 emissions from fuel combustion, Highlights, Edition, I.E.A., France, pp.136.
- <sup>6</sup> OECD Factbook 2013: Economic, Environmental and Social Statistics, OECD Publishing, 2013. Disponible en: [www.oecd.org/publications/factbook](http://www.oecd.org/publications/factbook).
- <sup>7</sup> Consejo Nacional de Población (2013), Documento metodológico proyecciones de la población de México 2010-2050, CONAPO, México.
- <sup>8</sup> Viota Fernández Nekane y Maraña Saavedra Maider (2010) Servicios de los ecosistemas y bienestar humano: La contribución de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO, Bilbao, España.
- <sup>9</sup> Tallis, H., and Polasky, S. (2009), Mapping and Valuing Services as an Approach for Conservation and Natural-Resource Management, Annals of the New York Academy of Sciences 1162: 265-283.
- <sup>10</sup> Pkitch et al, (2004), Ecosystem-based fishery management. DOI: 10.1126/science.1098222 Science V305-5682, pp.346-347.
- <sup>11</sup> Reyes Escutia Felipe, Bravo Mercado Ma. Teresa (2008), Educación Ambiental para la sustentabilidad en México Aproximaciones conceptuales, metodológicas y prácticas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, 1ª Edición, Unicach, Chiapas, México.

# Ubicación De CEDIS Para Una Cadena Farmacéutica, Utilizando Un Modelo Matemático

Jaqueline González Vázquez<sup>1</sup>, Beatriz Monserrat Loyola González<sup>2</sup>,  
Verónica Tlazalo Jiménez<sup>3</sup>, Ia Guadalupe Viveros Tenorio<sup>4</sup>, y Yair Romero Romero<sup>5</sup>

**Resumen**— El presente artículo aporta una experiencia de trabajo multidisciplinaria: matemáticas, logística, investigación de operaciones, costos, entre otras; que son de interés para las personas que requieren en su labor conjugar estas áreas de conocimiento, para dar solución a problemas de ubicación de instalaciones. Debido a esta importancia el equipo de investigación aporó a la Cadena Farmacéutica más importante de Tehuacán una nueva alternativa para la ubicación de su CEDIS, ya que desea abastecer a todas sus sucursales reduciendo costos y tiempos de entrega de sus ítems, la metodología propuesta consta de varios pasos, en donde se utilizan dos modelos matemáticos considerando distancias rectangulares, para dar solución al problema de ubicación en el que se encuentra actualmente la empresa.

**Palabras clave**— Ubicar, modelo matemático, CEDIS, Sucursales, Logística.

## Introducción

En la actualidad existe una gran necesidad de lograr la satisfacción de los clientes mediante la entrega en tiempo y forma de los productos lo cual se puede llegar a través de varias formas, una ellas es la ubicación óptima de instalaciones que debido al constante crecimiento de las empresas se ha dado origen a la creación de redes de distribución cada vez más complejas. La selección de la ubicación más adecuada resulta en una compleja toma de decisiones, desde la elección del tipo de instalación que puede ser una planta, almacén, CEDIS, punto de venta etc. El objetivo de una buena ubicación es optimizar los costos de distribución, logística, inversión y transporte que se encuentran mutuamente relacionados. (De la Cruz Bautista, 2015)

Ubicar de forma correcta las instalaciones a lo largo de una cadena de suministro es una importante toma de decisiones que da forma, estructura y conformidad al sistema logístico. (Feiten Teixeira, 2015). La ubicación de las instalaciones suele estar determinada por un punto más crítico que otros. Un ejemplo de eso sería comparar las ubicaciones de una fábrica y de un punto de venta común. En el primero, los aspectos económicos son preponderantes, mientras que, en el segundo caso, la localización se determina por el potencial de ingresos de un lugar determinado. Ubicar solamente una instalación es un problema considerablemente diferente que ubicar diversas instalaciones a la vez. El coste de transporte es el principal punto que debemos considerar al momento de ubicar almacenes y CEDIS. (De la Cruz Bautista, 2015)

De todas las decisiones a las que se enfrentan los gerentes del sector logístico, las relacionadas con los almacenes son las más frecuentes y cuentan con las siguientes dimensiones estratégicas: número adecuado de almacenes, ubicación ideal de cada uno de ellos, tamaño y soporte, la asignación de espacio para cada producto, así como la asignación de producto-cliente de cada almacén. El objetivo debe ser el diseño o la configuración de la red logística con el fin de reducir al mínimo los costes totales anuales tanto en el apartado de las operaciones como también en la producción, compras, mantenimiento de los productos en inventario, instalaciones y el transporte, sin perjuicio de un tiempo particular de la entrega al cliente final.

Los avances en la tecnología de la información y en el transporte, además de las motivaciones gerenciales conducentes a la reducción del inventario, ha contribuido igualmente al diseño de la disminución del número de almacenes para atender a los clientes en una determinada área de mercado. El nivel de rotación y de valores está directamente relacionados en una red logística con el número de almacenes. La asignación del inventario de varios almacenes puede llevar a ofrecer el potencial para proporcionar altos niveles de servicio al cliente. (Feiten Teixeira, 2015).

<sup>1</sup> Jaqueline González Vázquez es Alumna del Instituto Tecnológico de Tehuacán, Tehuacán, Puebla, México.

[jackie\\_hello\\_27@hotmail.com](mailto:jackie_hello_27@hotmail.com) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> Beatriz Monserrat Loyola González es Alumna del Instituto Tecnológico de Tehuacán, Tehuacán, Puebla, México.

[betmon-2031@hotmail.com](mailto:betmon-2031@hotmail.com) (primer autor)

<sup>3</sup> Verónica Tlazalo Jiménez es Alumna del Instituto Tecnológico de Tehuacán, Tehuacán, Puebla, México.

[veritotj1@hotmail.com](mailto:veritotj1@hotmail.com)

<sup>4</sup> Ia Guadalupe Viveros Tenorio es Alumna del Instituto Tecnológico de Tehuacán, Tehuacán, Puebla, México.

[ia150993@hotmail.com](mailto:ia150993@hotmail.com)

<sup>5</sup> El Maestro en Manufactura y Estrategias de la Calidad Yair Romero Romero es Profesor del Área de Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico de Tehuacán, Tehuacán, Puebla, México.

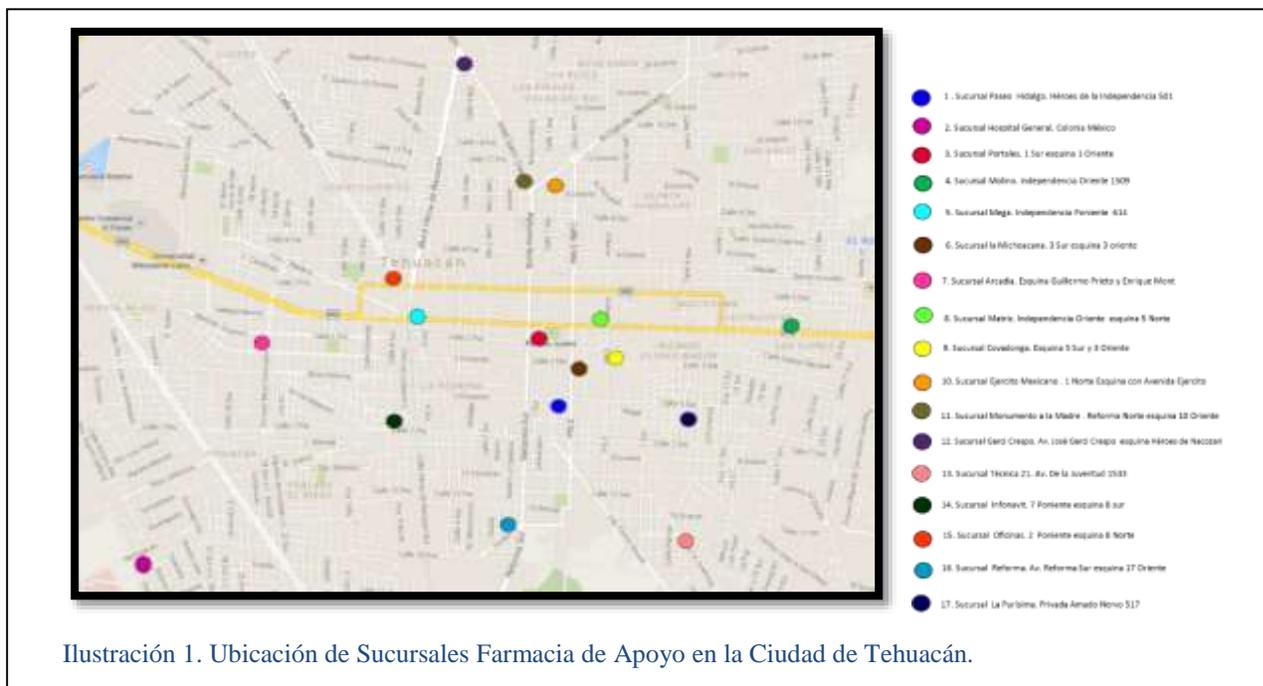
[yair04@gmail.com](mailto:yair04@gmail.com)

## Descripción del Método

### Planteamiento

En Tehuacán existe una cadena farmacéutica reconocida a nivel local, ya que provee productos farmacéuticos en toda la ciudad a través de sus 17 sucursales:

1. Sucursal Paseo Hidalgo. Héroes de la independencia 501.
2. Sucursal Hospital general. Colonia México.
3. Sucursal Portales. 1 Sur esquina 1 Oriente.
4. Sucursal Molino. Independencia Oriente 1509.
5. Sucursal Mega. Independencia Poniente 614.
6. Sucursal la Michoacana. 3 Sur esquina 3 Oriente 129.
7. Sucursal Arcadia. Esquina Guillermo Prieto y Enrique Mont Solórzano.
8. Sucursal Matriz. . Independencia Oriente esquina 5 Norte.
9. Sucursal Covadonga. Esquina 5 Sur y 3 Oriente.
10. Sucursal Ejército Mexicano. 1 Norte esquina con Av. Ejército Mexicano.
11. Sucursal Monumento a la Madre. Reforma Norte esquina 10 Oriente.
12. Sucursal Garci Crespo. Av. José Garci Crespo esquina Héroes de Nacozari.
13. Sucursal Técnica 21. Av. De la Juventud 1533.
14. Sucursal Infonavit. 7 Poniente esquina 8 Sur.
15. Sucursal Oficinas 2 Poniente esquina 8 norte.
16. Sucursal Reforma. Av. Reforma sur esquina 17 Oriente.
17. Sucursal la Purísima Privada Amado Nervo No 517.



Si el producto requerido por el cliente no se encuentra disponible en la sucursal a la que acude, el dependiente verifica mediante su sistema de inventarios, que el producto este en existencia en alguna de las sucursales más cercana, por lo que el cliente toma la decisión de esperar que el producto sea trasladado o, acudir él mismo a la sucursal indicada.

En la Ilustración 1 se muestran las 17 sucursales, que son abastecidas directamente por el proveedor.

Desde el año 2005 la Cadena Farmacéutica ha crecido considerablemente, a partir de este año la red de distribución se ha vuelto cada vez más compleja, lo que ha provocado que la ubicación de un CEDIS sea una propuesta de crecimiento; esto requiere de un análisis para determinar una ubicación que permita a la empresa optimizar sus costos de transporte.

El Director General se dio cuenta que requiere un CEDIS con una ubicación estratégica, de manera que pueda abastecer a todas y cada una de sus sucursales mejorando el tiempo de atención a sus clientes así como los costos de transporte y distribución de sus productos. La gerencia de la empresa propone adaptar la sucursal Covadonga, sin embargo el equipo de investigación fundamenta por medio de un Método de Geolocalización que la sucursal Portales sería también una excelente ubicación. Además, actualmente la empresa cuenta con una Urvan que no es aprovechada en toda su capacidad, debido a que solo se ocupa para trasladar cuando mercancía faltante entre sucursales.

El costo diario de transporte es de \$10.84 por kilómetro, teniendo que  $c_{ij} = 2 * 10.84 * l_{ij}$ , donde  $l_{ij}$  es la distancia rectangular (en kilómetros) entre las sucursales, tomando en cuenta el sentido de las calles de la ciudad de Tehuacán.

*Formulación*

Lo primero que se realizó para resolver la problemática a la que se enfrenta esta cadena farmacéutica, fue proponer una ubicación mediante el método de geolocalización de Weber, para ello se identificaron las coordenadas de cada una de las sucursales de la empresa. Posteriormente, se aplicó este método bajo la hipótesis de que todas las sucursales tienen una buena localización, determinando que la opción óptima en cuanto a sus coordenadas geográficas es la sucursal Portales

$$\min_{a,b} = \sum_{i=1}^n w_i(a,b) \tag{1}$$

Donde  $w_i(a,b)$ , representan las coordenadas de localización geográfica de cada una de las sucursales con las que cuenta la empresa farmacéutica. Tabla 3.

SUCURSALES		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		LATITUD	LONGITUD
1	Sucursal Paseo Hidalgo. Héroes de la independencia 501.	18.458718	-97.392499
2	Sucursal Hospital general. Colonia México.	18.448899	-97.418663
3	Sucursal Portales. 1 Sur esquina 1 Oriente.	18.461944	-97.393291
4	Sucursal Molino. Independencia Oriente 1509.	18.462954	-97.378798
5	Sucursal Mega. Independencia Poniente 614.	18.463617	-97.400787
6	Sucursal la Michoacana. 3 Sur esquina 3 Oriente 129.	18.461174	-97.391544
7	Sucursal Arcadia. Esquina Guillermo Prieto y Enrique Mont Solórzano.	18.461438	-97.409661
8	Sucursal Matriz. . Independencia Oriente esquina 5 Norte.	18.462895	-97.389422
9	Sucursal Covadonga. Esquina 5 Sur y 3 Oriente.	18.460807	-97.389480
10	Sucursal Ejército Mexicano. 1 Norte esquina con Av. Ejército Mexicano.	18.474275	-97.388519
11	Sucursal Monumento a la Madre. Reforma Norte esquina 10 Oriente.	18.471289	-97.393909
12	Sucursal Garci Crespo. Av. José Garci Crespo esquina Héroes de Nacozari.	18.478399	-97.398160
13	Sucursal Técnica 21. Av. De la Juventud 1533.	18.450608	-97.384687
14	Sucursal Infonavit. 7 Poniente esquina 8 Sur.	18.457021	-97.402436
15	Sucursal Oficinas 2 Poniente esquina 8 norte.	18.465203	-97.401976
16	Sucursal Reforma. Av. Reforma sur esquina 17 Oriente.	18.451597	-97.394490
17	Sucursal la Purísima Privada Amado Nervo No. 517.	18.456898	-97.385621

Tabla 3. Coordenadas geográficas

Una vez establecidas las dos opciones para ubicar el CEDIS, una partiendo del análisis gerencial de la empresa y otra por su óptima geolocalización, se prosigue a evaluar ambas alternativas considerando los costos de inversión y transporte que generaría cada una utilizando un método matemático que proporcione la ubicación final óptima del Centro de Ubicación. Para ello, se calcularon las distancias entre ambas propuestas de CEDIS con el resto de las sucursales (Ver tabla 1), así como sus respectivos costos de distribución, considerando un costo de \$10.84 por kilómetro y la fórmula antes mencionada (Ver tabla 2)

Posibles Alternativas Para Ubicar el Centro de Distribución		Sucursales de la Cadena Farmacéutica																							
		Covadonga	Portales	Paseo Hidalgo	Hospital General	Portales	Molino	Mega	Michoacana	Arcadia	Matriz	Covadonga	Ejército Mexicano	Monumento a la madre	Garcí Crespo	Técnica 21	Infonavit	Oficinas	Reforma	La Purísima					
		0.6	0.45	4.4	0.55	0	0.45	0.9	0.3	2.7	0.55	0	0.55	1.7	1.7	1.6	1.6	2.5	1.5	1.9	1.8	1.5	2.2	2	0.65

Tabla 1. Matriz de distancias (Km)

Posibles Alternativas Para Ubicar el Centro de Distribución		Sucursales de la Cadena Farmacéutica																															
		Covadonga	Portales	Paseo Hidalgo	Hospital General	Portales	Molino	Mega	Michoacana	Arcadia	Matriz	Covadonga	Ejército Mexicano	Monumento a la madre	Garcí Crespo	Técnica 21	Infonavit	Oficinas	Reforma	La Purísima													
		13.01	9.76	95.39	88.89	11.92	0.00	73.71	47.70	30.35	19.51	4.77	6.50	62.87	58.54	11.92	10.84	0.00	11.92	36.86	34.69	34.69	54.20	32.52	41.19	39.02	32.52	47.70	26.02	43.36	34.69	14.09	28.18

Tabla 2. Matriz de costos (pesos)

El problema de “P mediana” se puede formular de la siguiente manera: (Hernández Ramírez, 2015)

$$\text{Min} = \sum_{i \in V_1} \sum_{j \in V_2} C_{ij} X_{ij} \quad (2)$$

Sujeto a:

$$\sum_{i \in V_1} X_{ij} = 1, \quad j \in V_2, \quad (3)$$

$$\sum_{i \in V_2} X_{ij} \leq |V_2| y_i, \quad i \in V_1, \quad (4)$$

$$\sum_{i \in V_1} y_i = 1, \quad (5)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\}, \quad i \in V_1, \quad j \in V_2, \quad (6)$$

Donde  $C_{ij}$  representa el costo total entre una sucursal y otra,  $X_{ij}$  es la ubicación en la tabla de las sucursales,  $V_1$  y  $V_2$  son las dos opciones y aquella que se convierte en CEDIS y, finalmente  $Y_i$  representa a la cantidad de CEDIS que se abrirán para la cadena farmacéutica.

Teniendo que en la función objetivo (2) se sumaran los costos de todas las sucursales multiplicados por su ubicación en la tabla. La ecuación (3) es la restricción que asegura, al sumar todas las sucursales, que cada una de ellas es asignada a un CEDIS. En la ecuación (4) se establece qué sucursales serán abastecidas por el CEDIS, estableciendo en la ecuación (5) que solo se tendrá un solo CEDIS, el cual abastecerá a todas las demás sucursales. Todas las variables anteriores son valores binarios y pertenecientes solo al grupo de sucursales existentes, tal y como se representa en las ecuación (6).

### Comentarios Finales

#### *Resumen de resultados*

Se le dio solución al modelo matemático con apoyo del Software LINGO 15 en su versión Profesional Ilimitada, instalado en una computadora HP Raspberry con procesador Intel Atom y un sistema operativo Windows 8 de 32 bits, en donde se obtuvo que:

Pese a que en la sucursal Covadonga se requiere una construcción y en la sucursal Portales la renta de un local, la ubicación óptima del CEDIS para la Cadena Farmacéutica es la Sucursal Portales, propuesta por el equipo de investigación, ya que la empresa pretende seguir creciendo en un futuro próximo y al contar con el local se tiene la flexibilidad de reubicarlo. Implantando el CEDIS en esta Sucursal, la Cadena Farmacéutica tendría un costo de transporte representativo de \$542.00 para distribuir diariamente sus productos a todas las sucursales; tomando en cuenta un modelo mono producto.

Si comparamos el costo actual de distribución que es en promedio de \$100 diarios por flete en cada sucursal, o \$1700 por todas, con el resultado obtenido que es de \$542 la empresa tiene un ahorro diario de \$1158 lo que representa de forma anual \$140,920 en el costo de distribución de la empresa.

#### *Conclusiones*

Tomando como referencia los resultados anteriores, podemos concluir que las redes de distribución se vuelven cada vez más complejas, tal es el caso de la empresa en estudio; esto implica ir de la mano de la ciencia y la tecnología para aplicar estrategias de ubicación y distribución que nos permitan optimizar los costos logísticos, de transporte, distribución y de inversión.

Las empresas en general deben adaptarse a los cambios que se generan a través del tiempo dentro y fuera de las mismas, en este caso la Cadena Farmacéutica fue creciendo constantemente, pero la estrategia de distribución de sus productos seguía siendo la misma, volviéndose obsoleta y generando costos innecesarios que frenaban la rentabilidad de la empresa. Aplicando este modelo matemático mono producto, se obtuvo la ubicación óptima del CEDIS de la Cadena Farmacéutica, lo que permitirá a la empresa ofrecer una respuesta inmediata a sus clientes, entregando los productos en el lugar correcto, en la cantidad correcta, de la forma adecuada, y al menor costo posible, para generar ventajas competitivas.

Este artículo aporta conocimientos dirigidos a estudiantes de nivel licenciatura de la carrera de Ingeniería en Logística, con el objetivo de poner en práctica el aprendizaje acerca del diseño de cadenas de suministro y modelos matemáticos aplicado a un problema real.

### Recomendaciones

Para que la distribución de los productos de la Cadena Farmacéutica sea aún más eficiente, se recomiendan futuras investigaciones sobre diseño de territorios, para poder delimitar el área que debe abarcar cada distribuidor dentro de la ciudad de Tehuacán y así evitar el desperdicio de recursos económicos, materiales y tiempo. También se recomienda implementar un método de inventario que sea óptimo de acuerdo al lead time de los proveedores y el tamaño de la orden para determinar el punto de re-orden necesario para cumplir con las necesidades demandadas por sus clientes. Finalmente, se hace la recomendación de cambiar el modelo de productos utilizado actualmente por un modelo multi producto a fin de reducir el costo unitario de transporte y, por lo tanto crear estrategias para la reducción de costos de distribución, lo que permitirá a la empresa ofrecer sus productos a un menor precio haciéndolo competitivo en el mercado

### Referencias

- <sup>1</sup>Ballou, R. H. (2004). Logística: Administración de la Cadena de Suministros (5ta ed.). México: Mc Graw Hill.
- <sup>2</sup>Bowersox, D. J. (2007). Administración y logística en la cadena de suministros (2da ed.). México: Mc Graw Hill.
- <sup>3</sup>Daskin, M. S. (1995). Network and Discrete Location, Models, Algorithms, and Applications. Canadá: John Wiley and Sons, Inc.
- <sup>4</sup>De la Cruz Bautista, L. V. (06 de marzo de 2015). Tesis institucionales . Obtenido de instituto Politécnico Nacional (IPN): <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/8425/A7.1836.pdf?sequence=1>
- <sup>5</sup>Feiten Teixeira, P. R. (06 de marzo de 2015). Observatori de Recerca sobre la Relacions amb America Latina (ORLA) . Obtenido de Universitat Pompeu Fraba (UPF): <http://www.orla.upf.edu/centro- documentacion/articulos/logistica/#sthash.fjJpLQQE.dpuf>
- <sup>6</sup>Hakimi, S. (1964). Optimum locations of switching centres and the absolute centers and medians of a graph, Operations Research. Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics, 450-459.
- <sup>7</sup>Hernández Ramírez, C. M. (06 de marzo de 2015). Colección de Tesis Digitales. Universid de la Amércias Puebla (UDLAP). Obtenido de Escuela de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Industrial y Textil: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lii/hernandez\\_r\\_cm/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/hernandez_r_cm/capitulo2.pdf)
- <sup>8</sup>Maturana, D. (2009). Presentación Congreso de Localización y Diseño de Redes. Pontificia Universidad Católica de Chile. Pucón, Chile.
- <sup>9</sup>Muñoz B., C. A. (06 de marzo de 2015). Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (REDALYC). Obtenido de Sitema de información Científica: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84922622051>

### APENDICE

#### Glosario de Conceptos utilizados en el artículo

Almacén.- Lugar o espacio físico para el almacenaje de bienes dentro de la cadena de suministro.

Planta.- Donde se elaboran diversos productos. Se trata de aquellas instalaciones que disponen de todos los medios necesarios para desarrollar un proceso de fabricación.

Redes de distribución.- Formas de transportar una mercancía, con una gran variedad de modos de transporte (por ferrocarril, transporte aéreo, marítimo, fluvial o por carretera) y puede realizar varias paradas en almacenes o nodos de cambio modal hasta llegar a su destino final.

Sucursal.- Se aplica al establecimiento que depende de otro central o principal y que desempeña las mismas funciones que este.

Ubicación de instalaciones.- Estudio detallado de los factores de ubicación que pueden afectar desde el punto de vista mundial, nacional, o departamental una instalación, debido a que la misma obedece al grado de desarrollo de las organizaciones, ya que mientras más grandes sean, más cuidadosos serán los estudios que se deben tomar en cuenta a la hora de ampliar sus operaciones.

# Estudio y análisis del lado toxico de la basura tecnológica (e- waste) y su impacto en el medio ambiente

M.T.I Liliana Guillen Venegas,<sup>1</sup> M.T.I Eliezer Ríos Caballero<sup>2</sup>  
M en E. Edgar Alfonso Becerril Hernández<sup>3</sup>, Lic. Ivonne Echevarría Chan<sup>4</sup>

**Resumen--** En este trabajo se presenta una panorámica de la situación que se está viviendo con una problemática derivada del uso de la tecnología, esto debido a la gran cantidad de dispositivos electrónicos que día con día son desechados a nivel mundial y que se ha disparado en los últimos años. Se calcula que alrededor de 20-50 millones de toneladas se generan todos los años a nivel mundial. La basura electrónica constituye actualmente entre el 10 y 12 por ciento de los residuos urbanos a escala global. A pesar de los beneficios innegables de las TIC, no se debe olvidar la contaminación medioambiental que pueden causar los residuos electrónicos. Al final del ciclo de su vida útil muchas computadoras, celulares, Tablet, aparatos de audio y video, controles remotos, juguetes electrónicos, entre otros terminan en la basura común intoxicando los terrenos alrededor de los vertederos donde son depositados. Por consiguiente, resulta de vital importancia contar con una cultura de recolección y de tratamiento sustentable de los equipamientos electrónicos que son desechados.

**Palabras clave --** E-waste, chatarra electrónica, minería urbana, basura tecnológica

## Introducción

El gran auge tecnológico y la aparición día con día de nuevos dispositivos electrónicos han propiciado un exceso de basura tecnológica. En México se tiene poco conocimiento del problema. Desafortunadamente el problema es universal. El Instituto Nacional de Ecología estima que el volumen de desechos se incrementó 167% entre 1998 y 2006. Actualmente, se estima que en México se generan entre 150 mil y 180 mil toneladas por año, cifra que equivale a llenar hasta cinco veces el Estadio Azteca, lo que muestra la magnitud del problema. Uno de los aspectos más delicados es el vacío de información acerca de los patrones de consumo, el destino final de los desechos electrónicos y la falta de infraestructura formal para su adecuado manejo en las diversas etapas. El problema aumentará con la aparición de las computadoras y televisiones de alta definición. Se cree que 25 millones de televisores se desechan cada año, y que en el caso de los teléfonos celulares la cifra es aún mayor. Por ejemplo en el año 2005 se eliminaron 98 millones de aparatos en Estados Unidos, y si se suman todos los desechos electrónicos, se calcula que 45 millones de toneladas métricas anuales se producen en todo el mundo, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Aunque pueda sonar extraño, la mayoría de los consumidores de estos equipos desconoce el hecho de que contienen elementos altamente tóxicos, que al entrar en contacto con el medio ambiente causan daños irreversibles en su salud.



<sup>1</sup> Liliana Guillen Venegas es profesora de Tecnologías de Información de la Universidad Tecnológica de México y del Conalep Edo de Mex. Plantel Tlalnepantla 1. **Autor corresponsal** [lili\\_guive@hotmail.com](mailto:lili_guive@hotmail.com)

<sup>2</sup> M.T.I Eliezer Ríos Caballero es Profesora del departamento de Sistemas y computación del Instituto Tecnológico de Tlalnepantla. [eliriosc@hotmail.com](mailto:eliriosc@hotmail.com)

<sup>3</sup> M en E. Edgar Alfonso Becerril Hernández es Profesor del departamento de Ciencias Económico-Administrativas del Instituto Tecnológico de Tlalnepantla. [ebecerrilh09@hotmail.com](mailto:ebecerrilh09@hotmail.com)

<sup>4</sup> Lic. Ivonne Echevarría Chan es Profesora del departamento de Sistemas y computación del Instituto Tecnológico de Tlalnepantla. [ivonneechan@gmail.com](mailto:ivonneechan@gmail.com)

Figura 1. Contaminación por desechos tecnológicos del medio ambiente

### Método

Una de las principales actividades que se realizaron para poder llevar a cabo este trabajo, fue la recopilación de información de diferentes sitios y trabajos de investigación relacionados con el tema, así como la aplicación de encuestas para obtener datos concretos sobre el manejo que hacen las personas de la basura tecnológica.

### Cuál es el origen

El desarrollo científico y tecnológico es tan rápido, que muchas de las veces no termina uno de entender los manuales del último aparato que compró, llámese celular 3g, laptop, minilap, ipod, tableta, GPS, DVD, BlueRay, televisor, estéreo, etcétera, cuando ya salió la nueva versión y querámoslo o no, el que tenemos, el que hemos comprado, ya en un breve lapso de tiempo se ha convertido en basura tecnológica, porque ha pasado de moda, porque ya no está a la vanguardia tecnológica, no lo tiramos porque nos costó mucho dinero y esperamos a tener el dinero suficiente para comprar otra vez lo nuevo y aunque adquiramos el último grito de la moda, lo viejo no lo tiramos, hasta después de un tiempo y ¿dónde lo tiramos? Pues lo más fácil es en el camión de la basura y eso ¿a dónde va? A los tiraderos y finalmente contaminarán la tierra, el agua y el aire, así de grave. Si también consideramos que el modelo tecnológico que se tenía en los hogares anteriormente ha cambiado como resultado de la aparición de un gran número de gadgets lo que incrementa el número de residuos tecnológicos que son desechados en un hogar común.

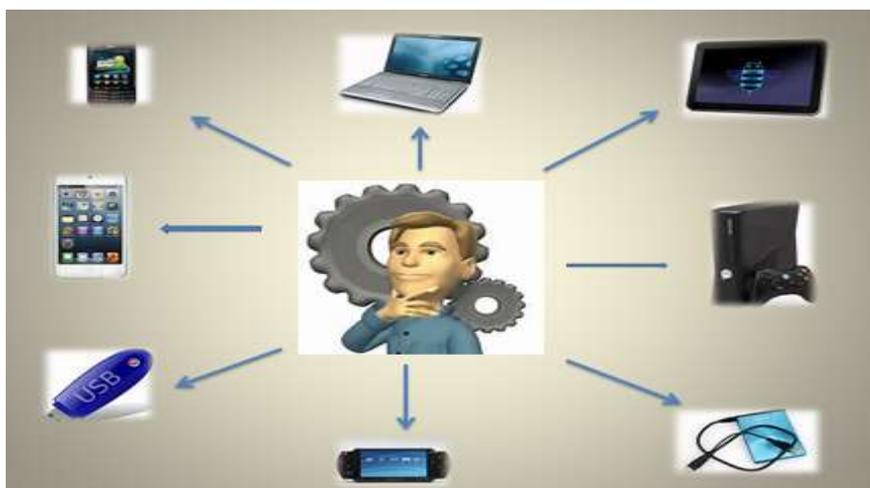


Figura 2. Relación de un usuario actual con dispositivos tecnológicos

### Componentes de los equipos eléctricos y electrónicos

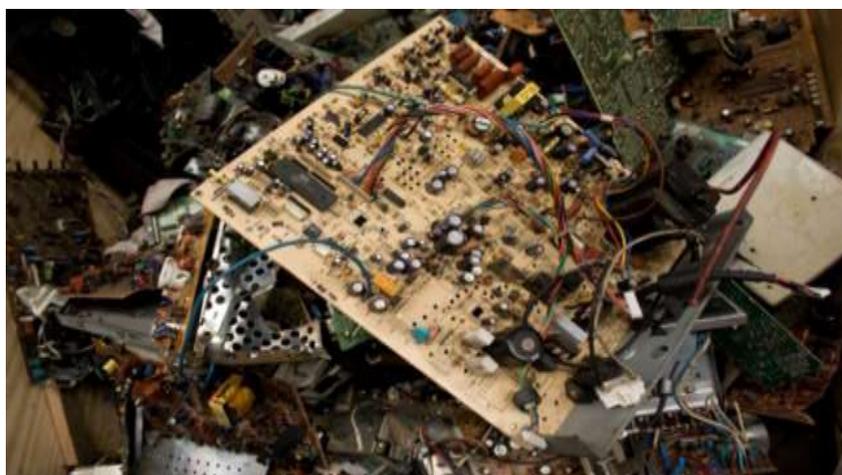


Figura 3 Componentes de un dispositivo electrónico

Los aparatos electrónicos son una mezcla compleja de cientos de materiales en la figura 3 se muestran algunos componentes que comúnmente se encuentra en los diversos aparatos eléctricos, muchos de los cuales contienen metales pesados tales como plomo, mercurio, cadmio y berilio, químicos peligrosos, tales como los retardantes de fuego bromados bifenilos - polibromados (pbbs), difenil éter polibromados (pbdes) y tetrabromobisfenol-a (tbbpa o tbbba). El plástico pvc es un compuesto también muy utilizado. Un teléfono celular móvil, por ejemplo, contiene entre 500 y 1.000 compuestos diferentes. En la figura 4 se muestran los más comunes.



Figura 4 Compuesto que se pueden encontrar en un celular

#### Porque son peligrosos los componentes de los equipos

- Algunos retardantes de fuego bromados, utilizados en las plaquetas de circuitos y carcasas plásticas, no se descomponen fácilmente y se acumulan en el ambiente. La exposición persistente a estos compuestos puede conducir a problemas de aprendizaje y memoria, puede interferir con la tiroides y con el sistema hormonal del estrógeno. La exposición fetal se encuentra ligada a desórdenes en el comportamiento.
- Los tubos de rayos catódicos (TRC) en los monitores vendidos a nivel mundial en el 2002 contienen aproximadamente 10.000 toneladas de plomo. La exposición al plomo puede causar daños cognitivos en los niños y puede dañar los sistemas nervioso, reproductivo y circulatorio en adultos.
- El cadmio, utilizado en las baterías recargables de las computadoras, contactos y swity en monitores de TRCs viejos, puede acumularse en el ambiente y es altamente tóxico afectando principalmente riñones y huesos.
- El mercurio que se utiliza en los monitores de pantalla plana como dispositivo de iluminación puede causar daños el sistema nervioso central, particularmente en etapas tempranas del desarrollo.
- Compuestos de cromo hexavalente, utilizados en la producción de cubiertas de metal son altamente tóxicos y carcinogénicos.
- El polivinil clorado (PVC) es un plástico que contiene cloro, es utilizado en algunos productos electrónicos como aislante en cables y alambres (OECD 2003). Los proces producción y deshecho por incineración del PVC generan la liberación de dioxinas y furanos. Estos químicos son altamente persistentes en el ambiente y muchos son tó incluso a muy bajas concentraciones

#### Otros problemas relacionados con la basura tecnología

En algunos casos, las naciones desarrolladas se desentienden de su basura tecnológica enviándola al tercer mundo. El problema es aún más grave en los países receptores de esta basura electrónica. En la India, China y África se "recicla" la mayor parte de la basura electrónica que se genera en Estados Unidos, donde se le procesa para recuperar el plomo, oro y otros metales valiosos. Pero en ese proceso, elementos como el cadmio o el mercurio contaminan el suelo y el agua. En realidad, el "reciclado" de equipos que realmente son inservibles es

mínimo y la mayor parte van a los basureros a cielo abierto. Carrol publicó un artículo en la edición en español del National Geographic en el que describe la situación tan lamentable que ocurre en **Nigeria**, país que recibe toneladas de equipos inservibles y que carece de la infraestructura para reciclar componentes electrónicos. A Lagos, la antigua capital nigeriana, arriban cada mes 500 contenedores con equipos electrónicos usados; cada contenedor lleva alrededor de 800 computadoras, lo que hace un total de 400 mil. De esa cantidad, 75% es inservible y su reparación no es económicamente redituable, por lo que son arrojadas a los basureros. Una práctica común es quemarlos, por lo que pueden verse espesas columnas de humo negro en los alrededores de Abuya, la capital, cuando se obtiene el alambre que se vende a los compradores de chatarra metálica por muy pocos dólares. Las quemas liberan sustancias cancerígenas y otros componentes tóxicos que contaminan el subsuelo y el agua subterránea, y es una práctica realizada por niños, quienes están expuestos constantemente a la toxicidad. Un monitor de computadora puede contener hasta cuatro kilos de plomo y otros metales pesados, como el cadmio.



Figura 5 El dramático caso de Nigeria que es uno de los principales receptores de basura tecnológica

### Minería urbana

Un nuevo concepto es el de la minería urbana: se estima que un kg de teléfonos celulares en desuso contiene más oro que igual cantidad de roca aurífera de excelente calidad. Esto impulsa a la iniciativa privada, naciendo así PYMES dedicadas a una nueva actividad la recepción de los equipos en desuso de particulares y empresas con el objetivo final de recuperar aquellos metales y componentes que tienen un valor económico ver figura 6. Se calcula que, por ejemplo, 100.000 teléfonos móviles pueden contener unos 2,4 kilos de oro, equivalentes a 130.000 dólares, más de 900 kilos de cobre, valorados en 100.000 dólares, y 25 kilos de plata igual a 27.300 dólares.



Figura 6. Separación de componentes de dispositivos eléctricos

### Acciones y propuestas

Ya hay convenios para atender la situación de la basura, como el de **Basilea en 1989**, que es un acuerdo firmado por 170 naciones, con un reglamento internacional que contiene lineamientos en torno al tratamiento de la basura electrónica. Los países desarrollados deben informar a las naciones en desarrollo la llegada de embarques con desechos peligrosos, pero desafortunadamente esto no ocurre. Empresas como HP, Intel, LGE, Nokia, Toshiba, Samsung, Dell y Sony, están intentando reducir o eliminar algunos de los químicos más peligrosos de los equipos desde el año pasado, y también esperan suprimir el PVC (policloruro de vinilo) y los retardantes de flama bromados. Con esta acción, los nuevos equipos se difunden como equipos ecológicos. NEC anunció la venta en Estados Unidos de la "PowerMate", una computadora de plástico elaborada totalmente con materiales reciclados cuyo monitor no lleva plomo. La Asociación de Telecomunicaciones Solidarias (TeSO) ofrece algunas indicaciones para reciclar computadoras: antes de deshacerse de un equipo informático, considere que algunas piezas o materiales se pueden reutilizar; lo más común es limpiar el disco duro y reinstalar el software dejando lo imprescindible, así como también algunas piezas nuevas en el hardware; esto puede alargar la vida del equipo unos cuantos años más.

La empresa DELL pone en práctica la reutilización de componentes informáticos a través del reemplazo de alguna pieza, para lo cual envía a uno de sus técnicos con instrucciones de llevarse la pieza defectuosa para su reuso o reciclado. Recientemente, en las cotizaciones de equipos se han incorporado piezas libres de plomo, como tarjetas inalámbricas; sin embargo, aun durante la producción de los chips para computadoras y otros componentes se siguen utilizando solventes volátiles, metilcloroformo y metales tóxicos, como arsénico, cadmio y plomo. En países como España, una estrategia para reciclar los teléfonos celulares ha sido disponer unos depósitos en diversos lugares llamados "tragamóviles", que son una especie de buzón, gracias a los cuales se recuperó medio millón de aparatos, lo que equivale a más de sesenta toneladas de basura tecnológica. La constante generación de nuevos celulares hace difícil atender la situación más eficientemente, pues se producen más de los que se pueden reciclar.

En nuestro país la cultura de reciclaje es muy pobre, por lo que es importante impulsar propuestas orientadas a promover el reuso de la basura electrónica y tratar de que las empresas que producen los aparatos electrónicos asuman la responsabilidad de hacerse cargo de sus productos cuando sean desechados por el usuario, creando sitios de acopio de estos materiales. La normatividad que existe es suficiente para un buen manejo de la basura electrónica como tal, pero falta la delimitación de responsabilidades en su manejo por parte de todos los sectores. Veracruz también refleja la situación del país en cuanto a la basura electrónica; es decir, se desconoce la producción y el desecho de productos electrónicos en la entidad. Se cree que se generan altos niveles de contaminación, pero son difíciles de cuantificar, por lo que es necesario sumar esfuerzos para entender y abordar el problema actual y potencial de la generación y el manejo de la basura electrónica, que van en aumento. En el Estado ya hay iniciativas de grupos preocupados por el medio ambiente que desde el año 2005 advierten sobre este problema como una realidad escasamente atendida. Lamentablemente, tales grupos no han logrado consolidar su esfuerzo. En la figura 7 se muestra una de los principales lemas utilizados en las campañas para tratar de minimizar el impacto de la basura tecnológica.

**"Deberíamos reciclar, pero no deberíamos empezar por ahí. Primero rediseñar, luego reducir, reusar y por último, cuando se agoten las alternativas, reciclar."**

*Bill McDonough  
Co-Autor de Cradle to Cradle*

## Figura 7 Propuesta para el manejo de la chatarra electrónica

### Conclusiones

Hace algunos años se decía que la basura tecnológica era un problema nuevo, lamentablemente en la actualidad este problema en lugar de disminuir por el contrario se ha incrementado de forma exponencial. El impacto que está causando al medio ambiente a nivel mundial es considerable. Esto nos obliga a generar acciones enérgicas orientadas a minimizar los diferentes tipos de daños que nos están afectando. Una de las principales acciones sería difundir para generar conciencia a nivel mundial de este problema y así poder diseñar alternativas para la administración y manejo racional de los residuos tecnológicos. Lo más preocupante quizás no sean los desecho actuales, si no los residuos que se generaran en los próximos años, considerando la inmensa cantidad de dispositivos electrónicos que se fabrican día con día y que de acuerdo a las proyecciones inundaran los mercados mundiales.

### Referencias

González Paredes, E., & Vera Hernández, G. (2014). Nuevos sujetos y objetos cibernéticos, retos para el estudio social de la ciencia; la basura tecnológica. *Revista de Investigación Silogismo*, 1 (13), 110 – 116

Carroll, C. (2007). Basura Tecnológica. *National Geographic en Español*. Disponible en línea: <http://ngenespanol.com/2007/12/31/basuratecnologica/>.

Instituto Nacional de Ecología (2006). *Productos electrónicos y contaminación en México*. México.

La “basura electrónica” inunda Europa, 22/08/02 (2009). *El Mundo Digital*. Disponible en línea: <http://www.madrimasd.org/InformacionIDI/Noticias/Noticia.asp?Buscador=OK&id=7225&Sec=2>.

Museo de Historia Natural de la Ciudad de México (2008). *La basura*. Disponible en línea: [http://www.sma.df.gob.mx/mhn/index.php?op=01hola&op01=acercade\\_basura#01Rethink](http://www.sma.df.gob.mx/mhn/index.php?op=01hola&op01=acercade_basura#01Rethink) (2009). *Fresh ideas for a cleaner cleaner world*. Disponible en línea: <http://rethink.ebay.com/>.

Román M., G.J. (2007). *Diagnóstico sobre la generación de basura electrónica en México*. Estudio desarrollado por el I P N, Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente. Borrador Final. México: INE-SEMARNAT.

Weidenhamer, J.D. y Clement, M.L. (2007). Widespread lead contamination of imported low-cost jewelry in the US. *Chemosphere*, 67(5), 961-965.

<http://www.elmundo.es/elmundo/2011/10/31/navegante/1320049320.html>

<http://ingesociales.blogspot.mx/2010/11/soluciones-para-el-manejo-de-la-basura.html>

<http://www.greenpeace.org/argentina/es/informes/high-toxic-tech/>

<http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2010/3/basura-electronica-el-lado-toxico-de-la-telefonía-movil.pdf>

# Criterios de diseño hidráulico a nivel experimental en procesos biológicos para el tratamiento de aguas residuales

Jaime Arturo Gutiérrez Calva Est.<sup>1</sup>, Est. Gisselle de la Cruz Rosado<sup>2</sup>, Mipa. Noemí Méndez de los Santos<sup>3</sup>, Est. Mario Alcidez Trejo Acosta<sup>4</sup> y Est. Eric Manuel López Graniel<sup>5</sup>

## Resumen

En este trabajo de investigación de los procesos biológicos que existen los humedales naturales son medios semiterrestres con una vegetación profusa y un alto grado de humedad; pueden ser pantanos, marismas, turberas o superficies cubiertas de agua (Ramsar, 2009). Han sido utilizados durante siglos por la humanidad como receptores de aguas residuales, debido a su cercanía con ríos o cuerpos de agua, estos sistemas se han utilizado en casi todo el mundo como una alternativa de remoción de contaminantes del agua debido a su alta efectividad y bajo costo. Es por ello que en esta investigación le hemos dado mayor importancia al diseño hidráulico aplicándolo a nivel experimental en dos humedales conectados en serie, el influente de agua tratada es de tipo sub superficial y continua en forma descendente hasta llegar al efluente, determinando el gasto de entrada para estudiar el tiempo de retención hidráulica (TRH) en el proceso de remoción más efectivo y así proponerlo en este tipo de sistemas.

**Palabras clave:** Humedales, aguas residuales, remoción, contaminantes, diseño hidráulico.

## Introducción

La importancia de los humedales ha variado con el tiempo. En el período carbonífero, es decir, hace 350 millones de años, cuando predominaban los ambientes pantanosos, los humedales produjeron y conservaron muchos combustibles fósiles (carbón y petróleo) de los que hoy dependemos. El progreso del conocimiento científico de los humedales ha puesto en evidencia unos bienes y servicios más sutiles y han sido descritos a la vez como los riñones del medio natural, a causa de las funciones que pueden desempeñar en los ciclos hidrológicos y químicos, y como supermercados biológicos, en razón de las extensas redes alimentarias y la rica diversidad biológica (Llagas, 2006).

El investigador Lahora define a los humedales naturales como un complejo mosaico de láminas de agua, vegetación sumergida, vegetación flotante, vegetación emergente y zonas con nivel freático más o menos cercano a la superficie, en los que el suelo se mantiene saturado de agua durante un largo periodo de tiempo cada año, en estos ecosistemas crecen vegetales, animales y microorganismos especiales adaptados a estas condiciones ambientales, estos seres vivos, junto a procesos físicos y químicos, son capaces de depurar el agua, eliminando grandes cantidades de materia orgánica, sólidos, nitrógeno, fósforo y en algunos casos productos químicos tóxicos; por esta razón se ha llamado a los humedales “los riñones del mundo”.

Los humedales construidos son sistemas de depuración sencillos que no requieren de energía externa para funcionar. Se distinguen dos tipologías, de flujo subsuperficial y de flujo superficial.

Los de flujo superficial se suelen utilizar en programas de restauración ambiental donde la depuración es un valor añadido. En este caso suelen recibir efluentes que ya han sido tratados intensamente en estaciones depuradoras y, por tanto, el sistema de humedales tiene como objetivo realizar un afino de la calidad del agua (García y Mujeriego, 1997).

Los de flujo subsuperficial, en cambio, se suelen construir para tratar aguas simplemente pre-tratadas y constituyen, por tanto, la unidad de proceso clave en la instalación de depuración. Este tipo de instalaciones se suelen utilizar para depurar las aguas residuales de pequeños municipios.

Las ventajas de los humedales artificiales incluyen: flexibilidad en la localización del sitio, optimización en el tamaño según la carga del contaminante, facilidad para tratar una mayor cantidad de aguas residuales que la que pueden tratar los humedales naturales. Los principales aspectos a considerar en el diseño son: comportamiento hidráulico, remoción de contaminantes, selección y manejo de vegetación, detalles constructivos y costos (Pérez, 2014).

El diseño hidráulico de un humedal artificial es fundamental para el éxito de su operación. Todos los modelos de diseño que se usan actualmente asumen condiciones uniformes de flujo y además no presentan restricciones para el

<sup>1</sup> Jaime Arturo Gutiérrez Calva es estudiante de 6º Semestre, de la carrera de Ingeniería Civil en el ITVH, Tabasco, [calva\\_champion@hotmail.com](mailto:calva_champion@hotmail.com)

<sup>2</sup> Gisselle de la Cruz Rosado es estudiante de 6º Semestre, de la carrera de Ingeniería Civil en el ITVH, Tabasco.

<sup>3</sup> Mipa. Noemí Méndez de los Santos es Jefa de Proyectos de Investigación del Departamento de Ciencias de la Tierra del ITVH, Tabasco, [mimilla6566@hotmail.com](mailto:mimilla6566@hotmail.com)

<sup>4</sup> Mario Alcidez Trejo Acosta es estudiante de 6º Semestre, de la carrera de Ingeniería Civil en el ITVH, Tabasco.

<sup>5</sup> Eric Manuel López Graniel es estudiante de 6º Semestre, de la carrera de Ingeniería Civil en el ITVH, Tabasco.

contacto entre los constituyentes del agua residual y los organismos responsables del tratamiento. Dentro de la función primordial de los humedales artificiales; la cual es depurar el agua residual; están involucrados procesos de remoción físicos, biológicos y químicos.

Los humedales artificiales son capaces de proporcionar una alta eficiencia física en la remoción de contaminantes asociado con material particulado, la remoción biológica es quizá el camino más importante para la remoción de contaminantes en los humedales artificiales, extensamente reconocido para la remoción de contaminantes es la captación de la planta. Los contaminantes que son también formas de nutrientes esenciales para las plantas, tales como nitrato, amonio y fosfato, son tomados fácilmente por las plantas de estos humedales, el proceso químico más importante de la remoción de suelos de los humedales artificiales es la absorción, que da lugar a la retención a corto plazo o a la inmovilización a largo plazo de varias clases de contaminantes (Llagas, 2006).

Los humedales tienen tres funciones básicas que les confieren atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales:

1. Fijan físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica,
2. Utilizan y transforman los elementos por medio de los microorganismos, y
3. Logran niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y poco mantenimiento (Lara, 1999).

### Descripción del Método

Retomando el funcionamiento de los humedales artificiales; el cual se fundamenta en tres principios básicos:

1. la actividad bioquímica de microorganismos,
2. el aporte de oxígeno a través de los vegetales durante el día, y
3. el apoyo físico de un lecho inerte que sirve como soporte para el enraizamiento de los vegetales, además de servir como material filtrante.

En conjunto, estos elementos eliminan materiales disueltos y suspendidos en el agua residual y biodegradan materia orgánica hasta mineralizarla y formar nuevos organismos (Delgadillo, 2010).

Los humedales artificiales tienen diversas formas de presentar el tipo de flujo que transita en ellos, estos son los de tipo superficial y de tipo subsuperficial.

Los sistemas de flujo superficial son aquellos donde el agua circula preferentemente a través de los tallos de las plantas y está expuesta directamente a la atmósfera. Este tipo de humedales es una modificación al sistema de lagunas convencionales. A diferencia de éstas, tienen menor profundidad (no más de 0,6 m) y tienen plantas, mostramos como ejemplo (Figura 1).

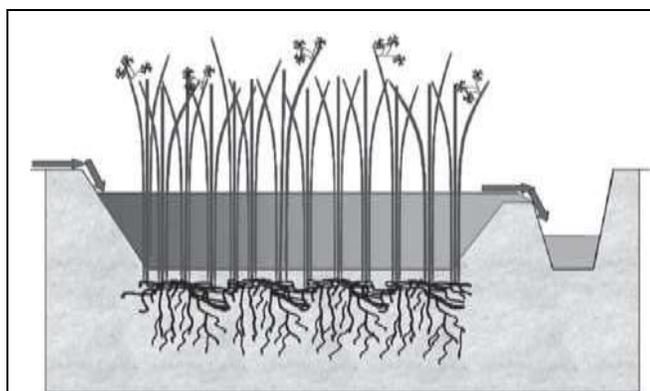


Figura 1. Humedal artificial de flujo superficial.

**Fuente:** Tomado del libro “Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales” Delgadillo, 2010

Los sistemas de flujo subsuperficial, se caracterizan por que la circulación del agua en los mismos se realiza a través de un medio granular (subterráneo), con una profundidad de agua cercana a los 0,6 m. La vegetación se planta en este medio granular y el agua está en contacto con los rizomas y raíces de las plantas. Los humedales de flujo subsuperficial pueden ser de dos tipos en función de la forma de aplicación de agua al sistema:

- (a) humedales de flujo subsuperficial horizontal, El agua ingresa en forma permanente. Es aplicada en la parte

superior de un extremo y recogida por un tubo de drenaje en la parte opuesta inferior. El agua residual se trata a medida que fluye lateralmente a través de un medio poroso (flujo pistón). La profundidad del lecho varía entre 0,45 m a 1 m y tiene una pendiente de entre 0,5 % a 1 % (Figura 2).

(b) humedales de flujo subsuperficial vertical, También conocidos como filtros intermitentes, este tipo de humedales reciben las aguas residuales de arriba hacia abajo, a través de un sistema de tuberías de aplicación de agua (Figura 3). Las aguas infiltran verticalmente a través de un sustrato inerte (arenas, gravas) y se recogen en una red de drenaje situada en el fondo del humedal. La aplicación de agua se efectúa de forma intermitente, para preservar y estimular al máximo las condiciones aerobias. La vegetación emergente se planta también en este medio granular.

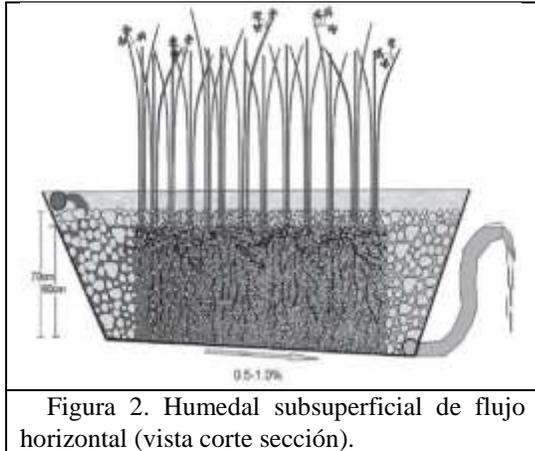


Figura 2. Humedal subsuperficial de flujo horizontal (vista corte sección).

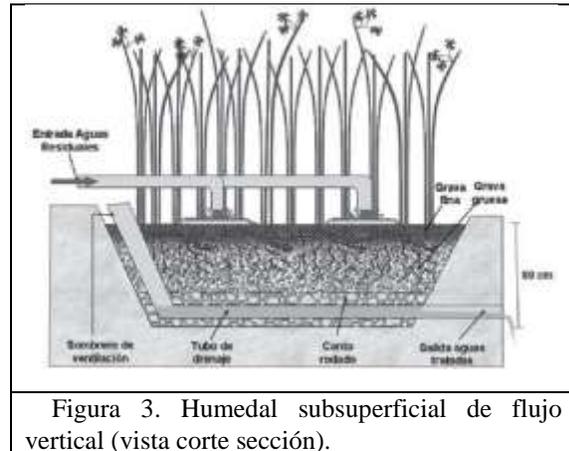


Figura 3. Humedal subsuperficial de flujo vertical (vista corte sección).

**Fuente:** Tomado del libro “Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales” Delgadillo, 2010

**Partes de los humedales de flujo subsuperficial:** Los humedales artificiales de flujo subsuperficial están constituidos básicamente por cuatro elementos; los cuales son muy importantes como criterios de diseño:

1. Agua residual,
2. Sustrato,
3. Vegetación,
4. Microorganismos, y
5. Geometría.

**Agua residual:** son las que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población. Después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, son recogidas por una red de alcantarillado que las conducirá hacia el humedal, en este caso (Mara en Rolim, 2000). Según su uso precedente, estas aguas resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos que provienen de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con residuos de industrias, de actividades agrícolas, así como las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación (Mendonça en Rolim, 2000). Los contaminantes de interés en el tratamiento de las aguas residuales son: sólidos suspendidos, materia orgánica biodegradable, microorganismos patógenos, nutrientes compuestos tóxicos, materia orgánica refractaria, metales pesados y sólidos inorgánicos disueltos.

De acuerdo a Lara (1999), la hidrología es el factor de diseño más importante en un humedal construido porque reúne todas las funciones del humedal y porque es a menudo el factor primario decisivo en su éxito o fracaso, por los siguientes motivos:

1. Pequeños cambios en la hidrología pueden tener efectos importantes en un humedal y en la efectividad del tratamiento.
2. Debido al área superficial del agua y su poca profundidad, un sistema actúa recíproca y fuertemente con la atmósfera a través de la lluvia y la evapotranspiración (la pérdida combinada de agua por evaporación del suelo y transpiración de las plantas).
3. La densidad de la vegetación en un humedal afecta fuertemente su hidrología, obstruyendo caminos de flujo siendo sinuoso el movimiento del agua a través de la red de raíces y rizomas y bloqueando la exposición al viento y al sol.

**Sustrato (medio granular):** En los humedales, el sustrato está formado por el suelo: arena, grava, roca, sedimentos

y restos de vegetación que se acumulan en el humedal debido al crecimiento biológico. La principal característica del medio es que debe tener la permeabilidad suficiente para permitir el paso del agua a través de él. Esto obliga a utilizar suelos de tipo granular, principalmente grava seleccionada con un diámetro de 5 mm aproximadamente y con pocos finos.

Los sustratos son el medio es responsable directo de la extracción de algunas sustancias contaminantes mediante interacciones físicas y químicas. El tamaño del medio granular afecta directamente al flujo hidráulico del humedal y por ende en el caudal de agua a tratar. Si el lecho granular está constituido por elevadas cantidades de arcilla y limo, se consigue una mayor capacidad de absorción y una mejor filtración, ya que la adsorción es alta y el diámetro de los huecos es pequeño. Pero también este medio presenta una elevada resistencia hidráulica y requiere velocidades de flujo muy bajas, limitando el caudal a tratar (Arias, 2004). De forma indirecta, el medio granular adicionándole fibras de desecho; contribuye a la eliminación de contaminantes porque sirve de soporte de crecimiento de las plantas y colonias de microorganismos que llevan a cabo la actividad biodegradadora.

**Vegetación:** El papel de la vegetación en los humedales está determinado fundamentalmente por las raíces y rizomas enterrados. Las plantas son organismos foto autótrofos, es decir que recogen energía solar para transformar el carbono inorgánico en carbono orgánico. Tienen la habilidad de transferir oxígeno desde la atmósfera a través de hojas y tallos hasta el medio donde se encuentran las raíces. Este oxígeno crea regiones aerobias donde los microorganismos utilizan el oxígeno disponible para producir diversas reacciones de degradación de materia orgánica y nitrificación (Arias, 2004).

De acuerdo al investigador Lara (1999), las plantas emergentes contribuyen al tratamiento del agua residual y escorrentía de varias maneras:

- Estabilizan el sustrato y limitan la canalización del flujo.
- Dan lugar a velocidades de agua bajas y permiten que los materiales suspendidos se depositen.
- Toman el carbono, nutrientes y elementos traza y los incorporan a los tejidos de la planta.
- Transfieren gases entre la atmósfera y los sedimentos.
- El escape de oxígeno desde las estructuras subsuperficiales de las plantas, oxigena otros espacios dentro del sustrato.
- El tallo y los sistemas de la raíz dan lugar a sitios para la fijación de microorganismos.

**Microorganismos:** Los microorganismos se encargan de realizar el tratamiento biológico. En la zona superior del humedal, donde predomina el oxígeno liberado por las raíces de las plantas y el oxígeno proveniente de la atmósfera, se desarrollan colonias de microorganismos aerobios. En el resto del lecho granular predominarán los microorganismos anaerobios. Los principales procesos que llevan a cabo los microorganismos son la degradación de la materia orgánica, la eliminación de nutrientes y elementos traza y la desinfección (Arias, 2004).

Los principales microorganismos presentes en la actividad biodegradadora de los humedales son: bacterias, levaduras, hongos y protozoarios. La biomasa microbiana consume gran parte del carbono y muchos nutrientes. La actividad microbiana tiene la función de transformar un gran número de sustancias orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas e insolubles y alterar las condiciones de potencial de reducción y oxidación del sustrato afectando así a la capacidad de proceso del humedal. Asimismo, gracias a la actividad biológica, muchas de las sustancias contaminantes se convierten en gases que son liberados a la atmósfera (Lara, 1999).

**Geometría:** Este criterio es fundamental para determinar el diseño hidráulico del humedal artificial, los sistemas de flujo subsuperficial se diseñan con el objeto de proporcionar tratamiento secundario o avanzado, y requieren condiciones de flujo uniformes para alcanzar los rendimientos esperados. Esto se logra en sistemas de tamaño pequeño a moderado con tuberías de recolección perforadas que se extienden a lo ancho de todo el humedal, tanto para la entrada como para la salida. Para garantizar el flujo subsuperficial los sistemas se encuentran rellenos de material granular, generalmente grava, en donde el nivel de agua se mantiene debajo de la superficie de esta.

La forma del sistema debe asegurar que el agua circule a baja velocidad y hacer efectivo el tiempo de residencia y maximizar la superficie de contacto de la lámina de agua y el aire para favorecer la entrada de oxígeno.

Todo lo anterior son algunos de los criterios de diseño hidráulico a nivel experimental en procesos biológicos para el tratamiento de aguas residuales.

## Comentarios Finales

### *Resumen de resultados*

Los humedales artificiales son sistemas diseñados y construidos para aprovechar los procesos naturales que involucran plantas macrófitas, medio filtrante y comunidades microbianas en el tratamiento de aguas residuales; los cuales aplicando los criterios mencionados y adecuándolos a las necesidades de los beneficiarios, este sistema tendrá resultados óptimos.

### *Conclusiones*

A pesar de ser ampliamente utilizados en Europa y Estados Unidos, el desarrollo de esta tecnología no se ha visto favorecida en países en vías de desarrollo. México tiene un enorme potencial y necesidad de implementar este tipo de tecnología de bajo costo y ambientalmente aceptada para el tratamiento de aguas residuales. En total existen 64 sistemas de humedales individuales en todo el país, y 96 sistemas donde combinan el humedal artificial con algún otro tipo de tratamiento (T.séptico, T.Imhoff, etc.) (CONAGUA, 2009).

El diseño hidráulico de un humedal es crítico para obtener buenos rendimientos en la eficiencia de depuración. En los modelos de diseño se asume un flujo en condiciones uniformes y de tipo pistón. Para llegar a poder intentar acercarse al modelo ideal (flujo pistón) es muy importante realizar un cuidadoso diseño hidráulico y los métodos constructivos apropiados. El flujo del agua en el interior del humedal debe romper las resistencias creadas por la vegetación, capa de sedimentos, raíces y sólidos acumulados en los humedales.

La energía para romper esta resistencia está dada por la pérdida de carga entre el ingreso y salida del humedal, para dar esta energía se le asigna al fondo del humedal una pendiente con una salida de altura variable.

### *Recomendaciones*

Al implementar el sistema de humedales artificiales para tratamiento de aguas residuales, implementando los criterios de diseño; se garantiza reducción de materias orgánicas y patógenos, además los humedales artificiales pueden construirse utilizando materiales locales lo que baja los costos de construcción considerablemente, también presenta baja producción de materiales de desecho durante la operación del sistema, otro beneficio extra es que no requiere de mucha supervisión en su operación.

## Referencias

Arias, O., "Estudio de la biodegradación de la materia orgánica en humedales construidos de flujo subsuperficial". Universidad Politécnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental. Tesina, Barcelona, 2004.

Delgadillo, Oscar, Camacho Alan, Pérez Luis Fernando y Andrade Mauricio, "Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales", Serie Técnica de la Universidad Mayor de San Simón, 2010.

Lahora, Agustín, "Depuración de aguas residuales mediante Humedales Artificiales: La Edar de los Gallardos (Almería)", 2014.

Lara B., J.A., "Depuración de aguas residuales urbanas mediante humedales artificiales", Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Cataluña - Instituto Catalán de Tecnología, Barcelona, 1999.

Llagas Chafloque, Wilmer Alberto y Guadalupe Gómez, Enrique, "Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM", Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 15, N° 17, 85-96 (2006).

Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. CONAGUA, 2009.

Pérez Reyes Guadalupe, Enciso Sáenz Samuel, Del Prado Martínez Miguel Cid y Castañón González José Humberto, "Diseño hidráulico de un humedal artificial a nivel laboratorio", División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, 2014.

Rolim, S., "Sistemas de Lagunas de estabilización. Cómo utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de riego", McGraw Hill, Institute Of Technology, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2000.

# Correlación de contaminantes ambientales con el desempeño de recubrimiento epóxico

Daniel Gutiérrez Ramos MA<sup>1</sup>, Noemi Monserrato Goñi Vera<sup>2</sup> y Marcos Andrés Jiménez Moreno<sup>3</sup>

**Resumen**— Con el fin de correlacionar el efecto de contaminantes ambientales y condiciones meteorológicas sobre el deterioro del recubrimiento epóxico catalizado de dos componentes en el ambiente marino y tropical del municipio de Paraíso, Tabasco, México, se ha estudiado en pruebas de campo el desempeño de la capa anticorrosiva orgánica. Para ello el recubrimiento fue adherido a placas de acero SAE1018 y expuestas a través de una estación de monitoreo a la atmósfera de prueba durante 9 meses. Se midieron las concentraciones de SO<sub>2</sub>, Cl, humedad relativa, temperatura y se registraron los tiempos de radiación y precipitación pluvial. Los recubrimientos mostraron una ligera degradación en el tiempo de ensayo mostrando una repuesta sinérgica con los factores ambientales, sin embargo se identificó que el mecanismo de protección y por lo tanto el de falla dependen del tiempo de ensayo. Detalles que son discutidos en esta investigación.

**Palabras clave**— recubrimientos, epóxico, contaminantes ambientales, corrosión.

## Introducción

La optimización técnico-económica de los recubrimientos utilizados en tuberías y estructuras de acero en ambientes marinos y tropicales es una preocupación permanente para las compañías petroleras. En la actualidad se construyen dispositivos usados en procedimientos experimentales siguiendo normas internacionales<sup>1-3</sup> combinando dos o tres parámetros ambientales con la finalidad de simular la degradación de recubrimientos para al aire libre, sin embargo se ha reportado que a partir de pruebas de laboratorio a corto plazo la fiabilidad de los resultados imposibilitan la predicción sobre la vida de servicio de un recubrimiento.<sup>4</sup> Desde este punto de vista, las pruebas comparativas de laboratorio son muy útiles, pero no pueden sustituir a la experiencia adquirida en el campo.

Las actuaciones de los diversos tipos de recubrimientos utilizados para proteger las tuberías y canalizaciones verticales enterradas y offshore se presentan a través de historias de caso experimentado por las empresas formuladoras de sistemas de recubrimientos, esmaltes bituminosas, epoxi adherido por fusión, poliamidaepoxi reforzada con fibra de vidrio, y cauchos son las familias de sistemas recubrimiento considerados usualmente en la industria. El comportamiento general y las fallas encontradas en pruebas controladas en laboratorios son revisados para cada uno de los fabricantes, sugiriendo su uso y aplicaciones. Dentro de la normatividad NRF- 053- PEMEX se señala sistemas de recubrimientos recomendados para cada ambiente corrosivo dentro de México identificando el epóxico catalizado, que es empleado en esta investigación por constituir un recubrimiento empleado contra el deterioro atmosférico marino de estructuras metálicas. El desempeño en servicio de las mismas depende en gran medida de la naturaleza de estos recubrimientos orgánicos y del efecto que tiene en su capacidad anticorrosiva a diversos factores ambientales y meteorológicos.<sup>5</sup> De este punto de vista la incidencia de la radiación solar, contaminantes, humedad y temperatura del ambiente influyen sobre los recubrimientos orgánicos<sup>6</sup> Es decir, la fracción ultravioleta entre 295 y 400 nm en combinación con los ciclos de humedad y contaminantes ambientales perturba las cadenas poliméricas del recubrimiento orgánico<sup>7,8</sup> afectando la permeabilidad, propiedades mecánicas y la estructura del polímero,<sup>9</sup> tales variaciones generan que el recubrimiento manifieste caleo, cambios de color, brillo y rugosidad de la superficie entre otros.<sup>10-12</sup> Por otro lado, para que exista procesos de corrosión es necesario la promoción de reacciones químicas y electroquímicas en la zonas de adhesión del recubrimiento con el electrolito, dichas reacciones son asociadas con la absorción de agua dentro del material,<sup>13-15</sup> debido a la permeabilidad del recubrimiento y la difusión del electrolito.<sup>16</sup> Pues se ha reportado que la absorción de agua dentro del material puede originar expansión volumétrica bajo película por la presencia de producto de corrosión o acumulación de humedad.<sup>17, 18</sup> Lo anterior genera esfuerzos que conducen a delaminación, fatiga, ampollamiento osmótico en combinación de iones cloruros y sulfatos, debido a los efectos potenciales que estos ejercen durante el tiempo de vida de los recubrimientos. También influyen en la degradación del recubrimiento la temperatura. Sin embargo se tiene reportado que la temperatura que se registra ambientalmente no coincide con la que se presenta en la superficie de la pintura, debido a la influencia de los componentes del

<sup>1</sup> Daniel Gutiérrez Ramos es Profesor de Corrosión interior en la Universidad Tecnológica de Tabasco.  
[investigaciondgr@gmail.com](mailto:investigaciondgr@gmail.com) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> Noemi Monserrato Goñi Vera es Profesor de Fluidos de control y Electroquímica en la Universidad Tecnológica de Tabasco,

<sup>3</sup> Marcos Andrés Jiménez Moreno es Profesor en la Universidad Tecnológica de Tabasco, Área: Fluidos de perforación

recubrimiento y de la conductividad térmica del sustrato; esta diferencia entre la temperatura ambiente y la que se registra en la superficie genera incertidumbres en los resultados del estudio.

Finalmente, en el presente trabajo se presentan los resultados de la evaluación del comportamiento anticorrosivo del sistema epóxico catalizado aplicado sobre placas de acero al carbono SAE 1036 por aspersión convencional, sometido a condiciones atmosféricas marinas por medio de estaciones de monitoreo.

### Descripción del Método

Se preparó metalográficamente de acuerdo al estándar ASTM G1 probetas de acero al carbono SAE 1036, cada probeta se cortó a un tamaño de 20x10x2 mm y se limó con lijas de carburo de silicio grado 600, además se utilizó limpieza con abrasivo (arena silica) para generar una rugosidad entre 2- 5 mils en la superficie de cada probeta de estudio. Posteriormente, fueron validados los perfiles de anclaje empleando micrómetro Modelo 223-125 Marca Miltutuyo. Las probetas de acero fueron cubiertas con epóxido catalizado curadas acorde a la ficha técnica del proveedor industrial. Se validaron los espesores de película húmeda y seca utilizando Elcometer Modelo 126 y 3240.

Las probetas de ensayo fueron expuestas a la intemperie en la Ranchería Las Flores, Paraíso, Tabasco durante 9 meses en estación de monitoreo. Cada 30 días se retiraron 3 probetas del rack, intercambiando captadores de sulfatos y cloruros situados en el sitio de exposición. Las superficies del recubrimiento fue inspeccionada en base a la ASTM D714, D6602, D610y 654, D3359 para detectar posibles fallas en el recubrimiento fue determinado con kit de adherencia Marca Elcometer Modelo 1540. Para el estudio del comportamiento anticorrosivo de los recubrimientos en el tiempo se registraron los ciclos de humedad, temperatura y precipitación pluvial y acompañada de chequeos visuales subjetivos por dependencia de la experiencia de la persona que realiza el chequeo.



(a)

Fig. 1 Estación de monitoreo



(b)

(a) Rack de trabajo (b) Retiro de platos de sulfatación.

Los parámetros atmosféricos fueron obtenidos de las Estaciones del Servicio Meteorológico Nacional simultáneamente captadores de agentes contaminantes fueron instalada en las inmediaciones del área de exposición de los especímenes. Para determinar los contaminantes atmosféricos, iones cloruro ( $Cl^-$ ) y compuestos de azufre ( $SO_x$ ). La velocidad de deposición de los compuestos de azufre se determinó por el método de candela húmeda y platos de sulfatación de conformidad con lo que estipula la norma ISO 9225, con base a lo estipulado en la norma ISO 8407

### Resultados obtenidos

Los resultados de inspección superficial y de adherencia obtenidos a partir de la exposición natural del recubrimiento epóxico de referencia se compararon con los resultados de las concentraciones de contaminantes ambientales captados en platos de sulfatación y cloruros instalados a la intemperie por 9 meses. Como un punto de interés, la influencia del sulfato sobre la vida útil del recubrimiento de referencia se investigó. En este trabajo, la estación de monitoreo se instaló en la intemperie de la Ranchería de las Flores, en Paraíso, Tabasco.

*Temperatura y humedad.*

Los cambios de temperatura registrados durante 9 meses en el sitio de monitoreo a corresponden a la tabla siguiente:

Meses	Temperatura media °C	Días exposición solar	Días de precipitación	Precipitación promedio. (cm)	Tiempo de humectación. (hrs)
	Agosto	30	26	5	27
Septiembre	28.8	14	16	46	190.40
Octubre	27.7	17	14	28	146.30
Noviembre	25	22	8	46	150
Diciembre	25.5	18	13	2	130
Enero	23	16	15	22	135.2
Febrero	24	27	6	3.5	110
Marzo	26	20	11	19	110
Abril	31	28	2	52	96
Mayo	31	28	3	10	100

Cuadro 1. Relación de temperaturas y condiciones ambientales expuestas del recubrimiento.

El recubrimiento evaluado se muestra en el siguiente cuadro, la aplicación fue por aspersión convencional en base a las recomendaciones del proveedor industrial y especificaciones técnicas del producto, generándose la siguiente característica en las probetas de estudio.

	Parámetros		
	Tipo	Espesor película seca mínima ASTM D3359	Perfil de anclaje ASTM D4417-B
Recubrimiento	Epóxico poliamida	2 mils	5.0-5.8 mils

Se retiraron de la estación de monitoreo 27 probetas en un periodo de 9 meses, evaluándose el desempeño anticorrosivo en base a la normatividad.

*Fallas de recubrimiento.*

Aunque se tiene reportado que la radiación ultravioleta<sup>19</sup> tiene un efecto sobre el desempeño anticorrosivo del recubrimiento, la inspección visual y la evaluación del epóxico realizado sobre las probetas durante 9 meses de exposición natural, presentaron un buen desempeño, sin observarse defectos superficiales visibles. En el cuadro 3 se aprecia claramente la inexistencia de fallas en este tiempo, aun con las condiciones de radiaciones solares y gradientes de temperatura que en los ambientes tropicales se generan.

Falla de recubrimiento	Parámetros	
	Norma para evaluación	Resultados
Ampollamiento	ASTMD714	Tamaño 10
Cuartamiento	ASTM D660	Inexistente
Grado de corrosión	ASTM D610	Grado10
Corrosión en incisión	ASTM D1654	Inexistente
Prueba de adherencia	ASTM D3559-90	Clasificación 5B

Cuadro 3. Resultados de la evaluación de las 27 probetas cubiertas con epóxico.

*Velocidad de depositación de iones.*

Las condiciones ambientales de Ranchería las Flores, en Paraíso Tabasco se distinguen dos periodos en el año: la temporada de lluvias, que trae consigo el incremento de vientos<sup>15,16</sup> y por consiguiente aumento en el número de olas que rompen en la costa y que está relacionado con el aumento de la concentración de iones cloruro en el aire. Mientras que la temporada de seca (marzo, abril y mayo) los vientos disminuyen, en consecuencia afecta la velocidad de depositación de los iones cloruro y sulfato (cuadro 2).

MES	Velocidad de depositación		
	Iones cloruro. (mg/m <sup>2</sup> día)	Iones sulfato (mg/m <sup>2</sup> día)	Concentración ppm de ión sulfato
Septiembre	3969.504017	0.1770	1.05
Octubre	44701.67293	1.5190	6.74
Noviembre	513.9538654	1.4756	6.97
Diciembre	3716.116147	0.6591	2.66
Enero	2538.18557	0.4661	1.81
Febrero	20271.0295	0.8892	3.53
Marzo	1919.514157	0.7294	3.16
Abril	1517.212053	0.7012	3.10
Mayo	1510.773054	0.7532	3.35

Cuadro 4. Concentraciones de contaminantes ambientales del área de Monitoreo, Ranchería Las Flores, Paraíso. Tabasco.

El intervalo de valores de salinidad encontrado en el lugar de experimentación (513 - 44000 mg Cl<sup>-1</sup> /m<sup>2</sup>.día) no cubre todos los valores de salinidad posibles en este tipo de atmósferas. Así pues, para realizar un análisis de la relación existente entre ambas variables para un intervalo de salinidades más amplio, se procedió a realizar una recopilación de parejas de datos de salinidad atmosférica tomados del sitio de monitoreo de la exposición. El cuadro 4 recoge esta información obtenida en este estudio mostrando una clara relación lineal.

Cada mes, los datos se resumían en diferentes categorías por considerar importante para el análisis de la correlación meteorológica, en total de la cantidad de lluvia (mm), la temperatura media, el tiempo: de radiación solar y de

condensación de agua en la superficie del recubrimiento para compararlos con el desempeño anticorrosivo del recubrimiento.

Estación	Parámetros (promedios)	
	Concentración de iones cloruros (mg/m <sup>2</sup> día)	Concentración de iones sulfato.(ppm)
luvia	13225	4.54
Seca	5551	2.92

Cuadro 5. Relación de concentraciones de iones sulfato y cloruro con 2 estaciones climatológica.

### Conclusiones

Aunque la radiación solar, tiempo de humectación, gradiente de temperatura y contaminantes ambientales son elementos controlante del deterioro de recubrimientos anticorrosivos orgánicos en ambiente tropical marino, las probetas de estudio que fueron expuestas durante 9 meses en la Ranchería, Las Flores en Paraíso, Tabasco no Manifiestan deterioro superficial visible en el recubrimiento. Los resultados de la evaluación superficial descartan la presencia de absorción de agua por el recubrimiento y refuerza la idea de la inexistencia de difusión del electrolito debido a la permeabilidad de este. Además se identificó que las velocidades de deposición de iones cloruros y sulfatos presenta una correlación con las estaciones de lluvia y seca, identificándose la influencia en la brisa marina (cuadro Estación de lluvia y seca /concentración de iones sulfato y cloruro).

Se confirma que la simple evaluación superficial normada por la ASTM en recubrimientos expuestos por 9 meses en pruebas de intemperismo es insuficiente para identificar fallas en el.

Es importante estudiar la pérdida de adhesión del recubrimiento en pruebas de espectroscopia de impedancia electroquímica.

### Recomendaciones

La comparación del envejecimiento natural (9 meses) con los datos meteorológicos y cuantificación de los iones cloruros y sulfatos serán correlacionados con espectroscopia de impedancia electroquímica, con el propósito de identificar fallas no visibles en la superficie del recubrimiento. En este sentido dicha técnica electroquímica permitirá si existe la posibilidad de asociar la absorción de agua dentro del material con la existencia de permeabilidad del recubrimiento y la difusión del electrolito.

### Agradecimiento.

Este trabajo está siendo financiado por el Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) a través del proyecto: Correlación de contaminantes y factores ambientales en el desempeño y funcionalidad de sistemas de recubrimientos en la atmósfera corrosiva del municipio de Paraíso, Tabasco.

### Referencias

- 1.- G. Buchheit., "Corrosión Resistant Coating and Paints" in Handbook of Enviromental Degratation of Materials, 1995, vol. 1, M. Kutz, Ed. 2nd ed. New York: William Andrew Publishing,2005, pp.367-384pág. 85.
- 2.- P. Robergem Handbook of Corrosion Engineering, New York: Mc GrawjILL, 2000.
- 3.- U. Schulz, P. Trubiroha, U. Schernau, H. Baumgart, Progress in Organic. Coating. 40 (2000) 151.
- 4 S. Brunne, P.Richner O. Guseva. "Test equipment Accelerated wheathering device life prediction for organic coating" Polymer Testing, vol. 24, no. 1, pp. 25-31 Feb. 2005.
- 5.- F. Deflorian. S. Rossi, L. Fedrizzi. Progress in Organic Coatings 59 (2007) 244–250
- 6.- Cidepint, "Protección de Superficies Metálicas Parte I," in Protección de Superficies Metálicas, La Plata, Argentina: CIDEPINT, 2005.
- 7 X. Shi and S. G. Croll, "Recovery of surface defects on epoxy coatings and implications for the use of accelerated weathering," Progress in Organic Coatings, vol. 2, no. 67, pp. 120-128, Feb. 2010

- 8 X. Yang and X. Ding, "Prediction of outdoor weathering performance of polypropylene filaments by accelerated weathering tests," *Geotextiles and Geomembranes*, vol. 2, no. 24, pp. 103–109, 2006..
- 9.-K. M. White, R. M. Fischer, and W. D. Ketola, "An Analysis of the Effect of Irradiance on the Weathering of Polymeric Materials," in *Service Life Prediction of Polymeric Materials. Global Perspectives Ed.*, New York: Springer, 2009, pp. 71-82..
- 10.- A. Lost, D. Najjar, and R. Hellouin, "Modelling of the Vickers hardness of paint coatings deposited on metallic substrates," *Surface and Coatings Technology*, vol. 165, no. 2, pp. 126-132, Feb. 2003
- 11 D. X. Gu, Stanley, W. E. Byrd, B. Dickens, I. Vaca-Trigo, W. Q. Meeker, T. Nguyen, J. W. Chin, and J. W. Martin, "Linking Accelerated Laboratory Test with Outdoor Performance Results for a Model Epoxy Coating System," in *Service Life Prediction of Polymeric Materials. Global Perspectives, Ed.*, New York: Springer, 2009, pp. 3-28.
- 12 S. T. Kyvelidis, L. Lykouropoulos, and N. Kouloumbi, "Digital system for detecting, classifying, and fast retrieving corrosion generated defects," *Journal of Coatings Technology*, vol. 73, no. 915, pp. 67-73, Ap. 2001.
- 14 I. Vaca-Trigo and W. Q. Meeker, "A Statistical Model for Linking Field and Laboratory Exposure Results for a Model Coating," in *Service Life Prediction of Polymeric Materials. Global Perspectives, Ed.*, New York: Springer, 2009, pp. 29-43..
- 15 I. Cole, Paterson. D, Ganther, Holistic model for atmospheric corrosion Part 1 "*Theoretical framework for production, transportation and deposition of marine salts*". *Corros. Eng. Sci. Technol.*, 38, 129-134, 2003.
16. D. A. Bayliss and D. H. Deacon, "Testing of coatings," in *Steelwork Corrosion Control*, T. Francis, Ed., 2nd ed. New York: Spon Press, 2002, pp. 367-403
17. ISO 9225:2012. "Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Measurement of environmental parameters affecting corrosivity of atmospheres".
18. M. E. M. Almeida, "Minimisation of steel atmospheric corrosion: Updated structure of intervention," *Progress in Organic Coatings*, vol. 54, no. 2, pp. 81-90, Oct. 2005.
19. N. Romero, O.Rincón, M. Sánchez, Evaluation of duplex coatings system in tropical marine environments. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia* v.30 n. Especial Maracaibo. ISSN 0254-0770. Nov. 2007

### Notas Biográficas

El profesor **Daniel Gutiérrez Ramos** es docente de Química del área de Prevención de Corrosión, estudia postgrado en Nanotecnología, y realiza un estudio de espectroscopía de impedancia electroquímica en recubrimientos epóxicos catalizados expuestos en atmósferas marinas. Participó en el estudio de curvas de Tafel en placas de acero al carbono SAE 1032 presentado en el Congreso Academia Journals Celaya 2014

La **Mtra. Noemi Monserrato Goñi Vera** es profesora investigadora en la Universidad Tecnológica de Tabasco. Maestra en Ingeniería Administrativa, y docente de asignaturas relacionadas con el desarrollo petrolero en relación a la corrosión y a los fluidos de perforación, como Electroquímica, Fluidos de Control y Seguridad Industrial y Protección Ambiental.

El Físico **Marcos Andrés Jiménez Moreno**, es docente en la Universidad Tecnológica de Tabasco, área Fluidos de Perforación; y en la Universidad Politécnica del Golfo de México en la Ingeniería en Seguridad y Automatización Industrial, forma parte de un equipo multidisciplinario formado por la UJAT-DACB, UPC, UTTAB y UPGM, trabajando áreas de Mecatrónica, Automatización, Petrolera, Seguridad, Física y Matemáticas.

# ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS REDES ALAMBRICAS E INALAMBRICAS DESDE SUS CARACTERISTICAS

M.C.E. Rosario Henley Algarín<sup>1</sup> charo\_henley2010@hotmail.com

Víctor Alfonso López Espinoza<sup>2</sup> Victorblass-e147@outlook.com

Henry Felipe Pérez<sup>3</sup>, Rock-land@hotmail.com

Fernando Pérez Hernández<sup>4</sup> alucar941205@gmail.com

**Resumen-** El propósito de este trabajo es establecer comparaciones entre las tecnologías basadas en los estándares 802.3 (Ethernet) de mayor uso en la actualidad y aplicada a redes LAN cableadas y la tecnología inalámbrica 802.11 (WLAN O WIFI). Se presenta una comparación de las características: velocidad, seguridad y precio con la intención de proporcionar al usuario información de los alcances de cada una y así elegir la mejor de acuerdo a sus necesidades. Se realizó una investigación documental y encuestas de la experiencia de la comunidad estudiantil del Instituto Tecnológico de Comitán en estos tipos de redes. Partiendo de la hipótesis que las redes alámbricas son mejores en seguridad, velocidad y precio. Se presenta un análisis comparativo de los aspectos antes mencionados en redes alámbricas e inalámbricas de alcance local, destacando esta clasificación por ser una de las redes de mayor uso en diversas organizaciones

**Palabras clave:** seguridad, velocidad, precio, LAN, WLAN

## Introducción

Las redes de computadoras pueden ser clasificadas en base a distintos criterios o propiedades, pueden ser privadas o públicas, alámbricas o inalámbricas, LAN, WAN o MAN; el presente trabajo toma aspectos comparativos tanto de redes alámbricas como inalámbricas en un entono de área local. Una red alámbrica es una infraestructura de cableado estructurado a nivel local, lo cual permite la comunicación entre los diversos dispositivos de ese mismo entorno, además de ser una de las formas de poder acceder a Internet. Las redes de área local son identificadas como aquellas que abarcan un área reducida localizada en una casa, departamento o un edificio. Bajo este mismo alcance pero con una forma de transmisión de ondas de radio se identifican las redes inalámbricas WLAN, comercialmente identificadas con redes WIFI.

Para respaldar este comparativo se investigaron las dos arquitecturas de red de área local más utilizadas en la actualidad: Ethernet y WLAN, ambas con sus respectivas versiones y características específicas de seguridad, precio y velocidad, las cuales permitirán identificar alcances y limitaciones en su utilización a los estudiantes del Instituto Tecnológico de Comitán. Para mayor comprensión se muestran figuras comparativas de velocidades alcanzadas en la arquitectura Ethernet, así como en las redes WLAN; en los aspectos de seguridad básicos se describen cuales los mecanismos de cada una de estas infraestructuras, y finalmente se aprecia el último factor que es el costo para implementarlas.

## Descripción del Método

### *Reseña de las dificultades de la búsqueda*

El tema de redes es de actualidad y de mucha relevancia por lo que existe información suficiente y actualizada, lo principal de esto es la selección de las fuentes a consultar para contar con información de mayor confiabilidad.

---

<sup>1</sup> M.C.E. Rosario Henley Algarín es Profesora del Instituto Tecnológico de Comitán, charo\_henley2010@hotmail.com  
(autor corresponsal)

<sup>2</sup> Víctor Alfonso López Espinosa es Alumno del Instituto Tecnológico de Comitán, Chiapas. Victorblass-e147@outlook.com

<sup>3</sup> Henry Felipe Pérez es Alumno del Instituto Tecnológico de Comitán, Chiapas. Rock-land@hotmail.com

<sup>4</sup> Fernando Pérez Hernández es Alumno del Instituto Tecnológico de Comitán, Chiapas. alucar941205@gmail.com

*Método de recolección de datos:*

La investigación fue documental, para lo cual primeramente se buscaron diversos contenidos relacionados al tema, posteriormente se seleccionaron las fuentes consideradas por los participantes de este trabajo como aquellas que de acuerdo a nuestro criterio eran más confiables. Una vez identificadas las fuentes de consulta se localizó la información y se determinó de cada bibliografía la de mayor relevancia, dado que en cada una de las fuentes se abordaban los mismos aspectos. Se complementó la información con encuestas aplicadas a los usuarios.

*Justificación:*

Las redes informáticas representan una revolución tecnológica por medio de la cual que se han generado extraordinarios cambios en la forma de hacer negocios, de comunicarnos, y que ha puesto a nuestro alcance todo tipo de información. Rompiendo barreras geográficas, sociales, religiosas, etc.; tales beneficios son percibidos por las organizaciones que muy acertadamente realizan la implantación de una red de área local para realizar de forma más eficiente sus actividades laborales y ser esta red el medio de acceso a internet. Estar desconectados de esta telaraña es aislarnos de nuestra realidad. Este gran impacto tecnológico obliga al entorno organizacional no solo a tener una red, sino a tener una red diseñada alámbrica o inalámbricamente que satisfaga las necesidades de los usuarios. Por otro lado los usuarios también podremos identificar que alcances es posible obtener en cada una de las tecnologías de redes alámbricas e inalámbricas para considerar la eficiencia en ciertos servicios y entender en base a las capacidades funcionales de estas infraestructuras que pueden ser poco eficientes en algunos de estos.

*Análisis*

Para la presente investigación “Análisis comparativo entre las redes alámbricas e inalámbricas de área local Ethernet y WLAN”, se consideran los aspectos de seguridad, velocidad y precio de cada una de estas con sus respectivas versiones, para determinar cuál es la mejor red.

Con respecto a Ethernet se identificaron las siguientes características respecto a seguridad y velocidad de acuerdo a lo considerado por Diego Salvetti (2010):

*Seguridad:* Como seguridad básica en estas redes se consideran: Seguridad en el diseño de la red, entre ellos, dividir la red en dominios de colisión, crear una infraestructura con dispositivos adecuados, filtros de puertos por direcciones MAC, Autenticación y Seguridad en el perímetro de la red.

*Velocidad:* Por ser el cable par trenzado más comúnmente utilizado en las redes LAN se muestra a continuación las especificaciones de la norma IEEE 802.3 que identifica a Ethernet, donde se determinan las características que tienen que ver con el alcance de la señal y la capacidad de transmisión, como se observa en el Cuadro 1. De estas en el Tecnológico de Comitán el cableado corresponde a la tecnología 100BaseTX.

TECNOLOGÍAS ETHERNET 802.3 PARA CABLES DE PAR TRENZADO				
TECNOLOGÍA	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	TIPO DE CABLE	DISTANCIA MÁXIMA	TOPOLOGÍA
10Base2	10 Mbps	Coaxial	185 m	Bus (Conector T)
10BaseT	10 Mbps	Par trenzado	100 m	Estrella (hub o switch)
100BaseT4	100 Mbps	Par trenzado (categoría 3 UTP)	100 m	Estrella. Half Duplex (hub) y Full Duplex (switch)
100BaseTX	100 Mbps	Par trenzado (categoría 5 UTP)	100 m	Estrella. Half Duplex (hub) y Full Duplex (switch)
1000BaseT	1000 Mbps	4 pares trenzados (categoría 5e UTP)	100 m	Estrella. Full Duplex (switch)
1000BaseT	1000 Mbps	4 pares trenzados (categoría 6 UTP)	100 m	Estrella. Full Duplex (switch)
1000BaseT	10000 Mbps	4 pares trenzados (categoría 6a UTP)	50 m	Estrella. Full Duplex (switch)

Cuadro 1 Características de las tecnologías Ethernet

*Precio:* Las redes LAN requieren una infraestructura de cableado estructurado, las áreas de trabajo son un componente del cableado estructurado y es donde el usuario debe conectar su equipo para tener acceso a la red. Se consultó para esto precios actuales de los componentes requeridos para que un usuario tenga acceso a la red local desde un área de trabajo al closet de telecomunicación. Se presentan en el Cuadro 2, precios consultados en el sitio web <http://www.steren.com.mx/catalogo/>

Componente	Precio
Cable utp categoría 5e	\$7.00 metro
Rosetas sencilla RJ45 categoría 5	\$57.00 pza.
Rosetas doble RJ45 categoría 5e	\$97.00 pza.
Plug RJ45	\$4.00 pza.

Cuadro 2 Precios de componentes para instalación de una toma de usuario

En relación a la información de las redes WLAN, sobre los aspectos comparativos, la fuente de consulta fue el manual digital Redes Wireless de la colección USERS los artículos “Grupos de trabajo de la IEEE”, y “Seguridad en la red”, cuyo autor es Diego Salvetti (2011), los sitios web <http://norfipc.com/redes/tipos-redes-estandares-wi-fi-diferencias.php> de la cual se obtuvo información de estándares WLAN; y [www.mercadolibre.com](http://www.mercadolibre.com) para consultar precios de los componentes de esta categoría de red.

Con respecto a WLAN se identificaron las siguientes características respecto a seguridad y velocidad de acuerdo a lo considerado por Diego Salvetti (2011), el sitio web (Mercado libre, 2015) tipos-redes-estándares-wi-fi-diferencias.php” de la cual se obtuvo información de estándares WLAN

*Seguridad:* En estos entornos de redes los mecanismos básicos utilizados son los protocolos de seguridad como WEP, WPA y WPA2, cada uno de estos maneja un nivel de seguridad en base al algoritmo que utiliza para encriptación de las claves, siendo el WPA2 el de mayor seguridad; por otro lado se encuentran los mecanismos de seguridad por medio de filtros MAC, estos resultan ser más difíciles de vulnerar que los primeros mencionados, debido a que en el punto de acceso de la red son guardadas las direcciones de los usuarios permitidos. Al respecto en el Tecnológico las redes inalámbricas están configuradas con ambos mecanismos de seguridad, por lo que se observa un buen nivel de seguridad básico; los estándares bajo el cual trabajan las WLAN del Instituto Tecnológico son g y n.

*Velocidad.*-Se pueden encontrar en las redes WLAN también llamadas comercialmente WIFI, capacidades funcionales diferentes, esto debido a los productos que forman parte de su infraestructura, ya que como se muestra en el Cuadro 3, referido en el sitio web <http://norfipc.com/redes/tipos-redes-estandares-wi-fi-diferencias.php>.

Estándar	Velocidad (teórica)	Velocidad (práctica)	Banda	Ancho de banda	Detalles	Año
802.11	2 Mbps	1 Mbps				1997
802.11a	54 Mbps	22 Mbps	5,4 Ghz			1999
802.11b	11 Mbps	6 Mbps	2,4 Ghz			1999
802.11g	54 Mbps	22 Mbps	2,4 Ghz	20 MHz		2003
802.11n	600 Mbps	100 Mbps	2,4 Ghz y 5,4 Ghz	40 MHz	Disponible en la mayoría de los dispositivos modernos. Puede configurarse para usar solo 20 MHz de ancho y así prevenir interferencias en una zona congestionada	2009
802.11ac	6.93 Gbps	100 Mbps	5,4 Ghz	80 o hasta 160 MHz	Nuevo estándar sin interferencia pero con menos alcance, aunque hay tecnologías que	2012

					lo amplían. Más rendimiento y otras ventajas.	
802.11ad	7.13 Gbps					2012

Cuadro 3 Características de las versiones de la Tecnología WLAN

*Precio.-* La implantación de una red WLAN, necesita de uno o varios puntos de acceso (AP) o Router WIFI de acuerdo a la cobertura que se desea. El cual depende de la marca y funcionalidades que tenga. Como ejemplo se muestra en el cuadro 4, características de uno de los dispositivos que actualmente se encuentra en el mercado para este fin.

Dispositivo	Características	Precio
Router Linksys Wireless-N WRT160N	<ul style="list-style-type: none"> <li>Este Router le ofrece un switch Ethernet de 4 puertos y un punto de acceso inalámbrico</li> <li>Compatible con 802.11b/g, 802.3- El Router puede actuar como un servidor DHCP ,VPN (Virtual Private Network) seguridad/, como el Firewall , autenticación</li> </ul>	\$400.00

Cuadro 4 Características del Router Linksys Wireless-N WRT160N

### Comentarios Finales

#### Resumen de resultados

Los resultados obtenidos de una muestra de la población estudiantil del Instituto tecnológico de Comitán del tercer semestre de las carreras de Ingeniería en Sistemas computacionales e Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicación, se observa en la Figura 1 que las redes inalámbricas superan en cuanto seguridad, velocidad y precio a las redes alámbricas; respecto a la frecuencia de utilización de este tipo de redes, el porcentaje más alto refleja una mayor utilización en las redes inalámbricas como se observa en la Figura 2, también se observa todos conocen de esta tecnología y se mantienen conectados a ella por algún medio de transmisión.

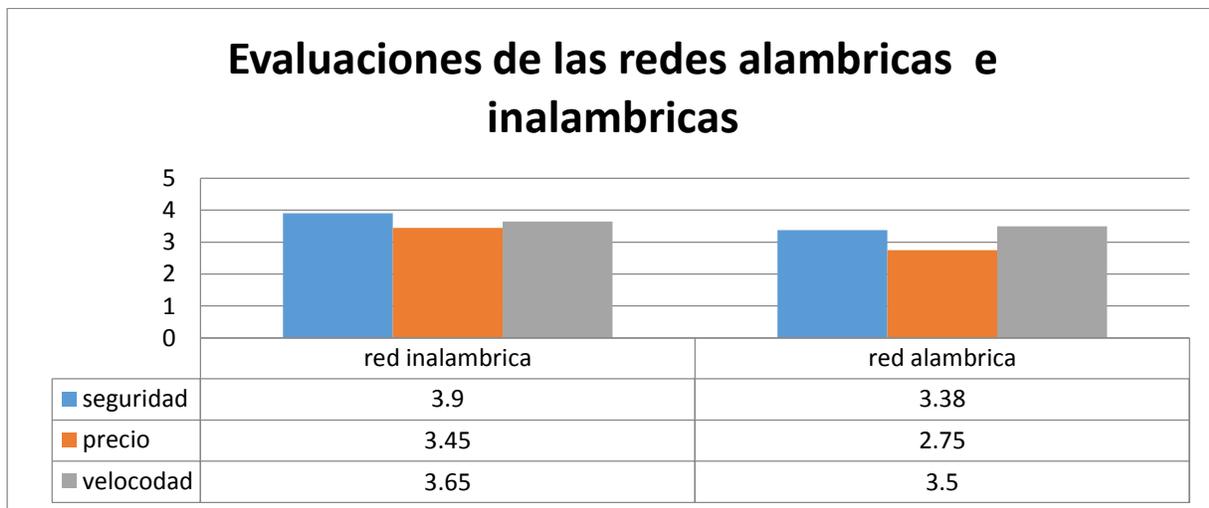


Figura 1 Evaluación de Redes alámbricas e inalámbricas

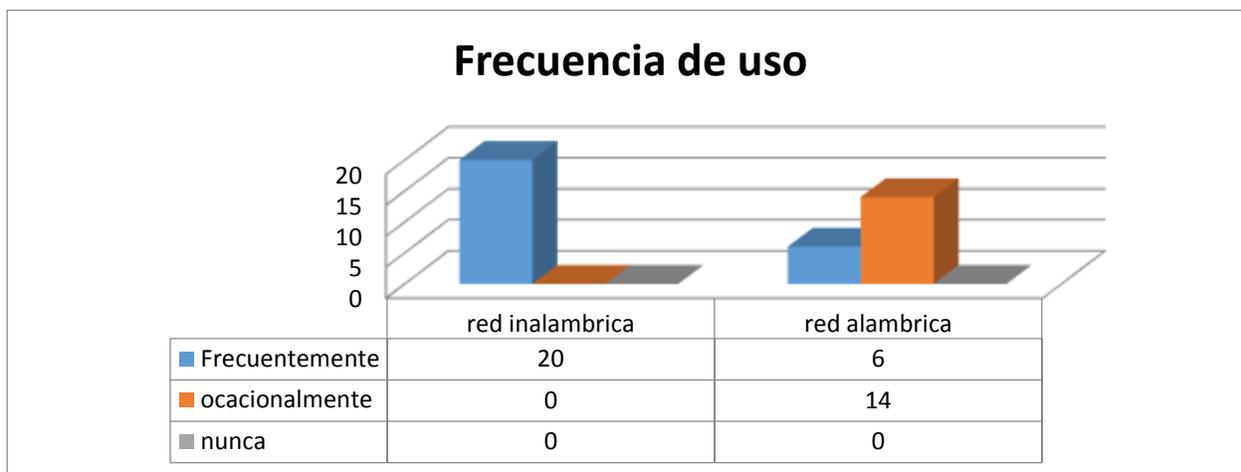


Figura 2 Frecuencia de utilización de la red

### Conclusiones

El resultado que se obtuvo en las encuestas indica que la mejor red para la comunidad estudiantil del Tecnológico de Comitán, en base a velocidad, seguridad y precio es la inalámbrica, este punto de vista puede ser el resultado de la poca información del tema o bien por ser la red que más utilizan, debido a la movilidad y cobertura que ofrece, ya que con ello no se ven en la necesidad de buscar un lugar de trabajo para conectarse a la red, dado que todos los dispositivos móviles cuentan actualmente con adaptadores de red wifi.

En base a lo fundamentado con las características comparadas cabe mencionar que de acuerdo a esta investigación, los aspectos de velocidad y seguridad básica (se refiere de esta manera para especificar que abarcan mecanismos con mayor frecuencia utilizados) son mejor en las redes alámbricas o Ethernet, por ejemplo el cable UTP categoría 6e puede alcanzar una velocidad de 10000 Mbps, en relación a esta misma característica la última versión WLAN estándar 802.11ac contiene especificaciones para una velocidad de hasta 6000 Mbps teóricamente, en un alcance menor de los 100m.

En las redes alámbricas el mismo el mismo medio de transmisión garantiza seguridad que lo protege de interferencias de otras tipos señales, y quien de alguna manera quisiera acceder físicamente a esta red, son utilizados los mecanismos de seguridad para restringir los accesos físicos, mientras que la señal inalámbrica se propaga en el aire donde pueden existir amenazas naturales o de otras señales que la debiliten y esto generar fallos en la transmisión de datos; el aspecto de movilidad que resulta lo más interesante de WLAN pero representa la mayor inseguridad, ya que al estar cerca del área de cobertura cualquiera puede acceder a la red y hacer mal uso de ella

. Respecto al costo las redes alámbricas definitivamente son más costosas por los requerimientos de instalación del cableado estructurado, donde algunas veces además es necesario modificar las condiciones del edificio. Por su parte la red inalámbrica únicamente requiere conectar un punto de acceso con los parámetros de configuración necesarios y conectarlo a un switch de la red de área local y se obtendrá la señal.

Actualmente las dos formas de transmisión están presentes en la mayoría de las organizaciones, quizá lo conveniente es una correcta selección de los productos o dispositivos a utilizar en la infraestructura de nuestras redes, ya que estos están fabricados en base a las especificaciones normativas mencionadas en la fundamentación documental, y de ello va a depender la confiabilidad de la red.

Con la anterior la hipótesis de que las redes alámbricas son mejor en cuanto a seguridad, velocidad y precio, se comprobó que los dos primeros son correctos y en relación al precio no.

### Referencias bibliográficas:

Diego, S. (2010). Manual USERS Redes Cisco. Argentina.

Diego, S. (2011). Manual USERS Redes Wireless. Argentina.

*Mercado libre.* (1 de Junio de 2015). Obtenido de <http://www.mercadolibre.com>

*norfipc + informática, internet y redes sociales.* (1 de Junio de 2015). Obtenido de <http://norfipc.com/redes/tipos-redes-estandares-wi-fi-diferencias.php>

*STEREN Soluciones en Electronica.* (1 de Junio de 2015). Obtenido de <http://www.steren.com>

# MOBODY

\* Juan Manuel Hernández De la Cruz<sup>1</sup>, Carlos Iván Cruz Lara<sup>1</sup>, Javier García Santiago<sup>1</sup> y Lic. Said Jair Guerra Escudero<sup>2</sup>

## RESUMEN

La sociedad en la que vivimos no podría ser concebida como es, si no fuera gracias a un elemento que ha unificado las comunicaciones y que ha llevado el entretenimiento a niveles nunca antes vistos, un elemento que ha facilitado nuestra vida, ha hecho más productivas las industrias y más accesible el conocimiento. Nos estamos refiriendo a la tecnología.

Mobody es una aplicación móvil android entretenida, divertida, fácil de manejar y sobre todo educativa, es decir, el infante dada su curiosidad aprenderá los conceptos básicos en cuanto a la anatomía humana, al ser una aplicación interactiva con el usuario la hace más llamativa para el menor; consistirá en un patrón animado del cuerpo mismo dividido en segmentos que el niño deberá identificar e ir uniéndolas dentro del patrón, además cada elemento del cuerpo al ser colocada correctamente desplegará cierta información primordial del mismo, haciendo esto una estrategia de aprendizaje más rápida y eficiente.

La aplicación se caracterizará por sus estilos y animaciones, de tal forma que pueda llamar la atención no solo de adultos sino también de los menores al ser el sector primordial al cual nos enfocaremos; este trabajo contemplará fines educativos.

**Palabras clave:** Cuerpo Humano, Móviles, Aprendizaje.

## Abstract

The society in which we live could not be conceived as, if not by an element that unified communications and has taken entertainment to levels never seen before, an element that has facilitated our lives, has made more productive industries and knowledge more accessible. We are referring to technology.

Mobody is an entertaining, fun, easy to handle and above all educational mobile application android, that is, the infant because of their curiosity will learn the basics about the human anatomy, being a most striking interactive application user makes to the child; will consist in a lively pattern of the body itself segmented the child must identify and go uniting within the pattern, plus every element of the body to be correctly deployed some primary information about it, making this a strategy faster and more efficient learning.

The application is characterized by its styles and animations, so you can draw attention not only to adults but also for minors to be the main sector to which we focus; this work contemplated educational purposes.

Keywords: Body, Mobile, Learning

## Introducción

El uso de TIC'S en el presente trabajo es una aplicación que describe los beneficios que la tecnología ha aportado a la sociedad moderna; el aplicativo consiste en aprovechar el área móvil, enfocado a pequeños menores de 5 años.

El objetivo principal de esta aplicación es dar conocer las partes del cuerpo humano de una forma interactive. Asociando formas, colores e imagines de las diferentes partes del cuerpo humano, motivando a los pequeños que aprendan de una forma autodidacta.

---

<sup>1</sup> El estudiante Juan Manuel Hernández De la Cruz es alumno del instituto tecnológico superior de Chicontepec de la ingeniería en sistemas empresarial actualmente cursa el octavo semestre.

<sup>1</sup> El estudiante Carlos Iván Cruz Lara es alumno del instituto tecnológico superior de Chicontepec de la carrera de ingeniería en sistemas computacionales, actualmente cursa el octavo semestre

<sup>1</sup> El estudiante Javier García Santiago es alumno del instituto tecnológico superior de Chicontepec de la carrera de ingeniería en sistemas computacionales, actualmente cursa el octavo semestre

El diseño de la aplicación está orientado a conseguir que los niños de estos días tengan la facilidad de aprender las partes de su cuerpo de una manera fácil y divertida. Se busca que los niños desarrollen su capacidad intelectual a una edad temprana ya que en esta edad es cuando los niños desarrollan con gran facilidad su capacidad intelectual y aprenden a captar todo de manera más rápida.

### Metodología

A lo largo de la escolarización obligatoria en nuestro país hay una serie de materias que van repitiéndose, conocimientos de tronco común que los niños y las niñas deben aprender y asimilar porque forman parte de las competencias más esenciales. Una de estas materias es el cuerpo humano: cómo es y cómo funciona.

Actualmente las nuevas tecnologías han pasado a tener un papel primordial en todo el proceso educativo ya que, hoy en día, tenemos acceso, gracias a Internet, a una gran cantidad de información que hace que los conocimientos de todo tipo nos sean perfectamente abordables, tanto para los adultos como para los más pequeños.

Las aplicaciones educativas para smartphones y tabletas ejemplifican perfectamente esta nueva premisa: aprovechan las posibilidades que ofrecen estos dispositivos para aportar a nuestros hijos contenidos educativos y, al mismo tiempo, entretenidos. Además, son recursos que explotan muy positivamente la relación padres-hijos, una sinergia que conforma una de las principales razones de su éxito. Uno de los ejemplos es la app MOBODY



Figura No 1. Pantalla Principal Mobody

El Cuerpo Humano nos muestra, resumidamente, lo que tenemos en nuestro interior. A través de animaciones interactivas los niños descubrirán cómo funciona los distintos sistemas:

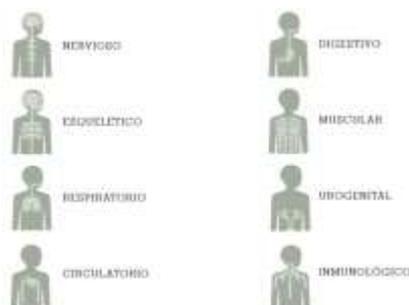


Figura No 2. Elementos Mobody

El Cuerpo Humano nos muestra, resumidamente, lo que tenemos en nuestro interior. A través de animaciones interactivas los niños descubrirán cómo funciona el sistema nervioso, esquelético, respiratorio, circulatorio, digestivo, muscular, el

urogenital. Y lo que es más importante, podrán experimentar con ellos. Por poner sólo un ejemplo, en el apartado del sistema nervioso, cuando pulsemos en la pantalla alguna parte de la piel, se verá cómo la información viaja por los nervios hasta llegar al cerebro.

Aplicaciones educativas para descubrir cómo funciona el cuerpo humano - modelos interactivos. Los más pequeños se encontrarán con modelos interactivos detallados del corazón, cerebro, ojos, estómago, boca y muchos más órganos y estructuras del cuerpo, y podrán utilizar funciones del dispositivo para seguir aprendiendo: manejar la cámara frontal para estudiar cómo funciona la visión humana, servirse del micrófono para ver probar la audición, emplear la música de la app para comprobar cómo la recibe el cerebro, etc.

## **Resultados y discusión.**

En el transcurso de los años podemos observar constantemente el enorme cambio del sector infantil, el impacto de la tecnología se ha visto involucrada en grandes áreas tales como: escuelas, hogares, etc.

En la actualidad la tecnología ha revolucionado hasta introducirse en el ambiente de menores a través de video juegos, redes sociales y todo aquello que de alguna forma llame su atención.

Al ver el beneficio que brinda la tecnológica, a través de los teléfonos celulares con sistemas operativos android surge la oportunidad de desarrollar aplicaciones en esta misma plataforma, ya que desde que se introdujo al mercado ha alcanzado niveles altos de audiencia en los usuarios actuales.

## **Conclusiones**

Cada vez existen más aplicaciones que presentan una excelente mezcla de conocimiento científico con juego o entretenimiento y poner a disposición estos conocimientos usando TICs se aporta a la sociedad una aplicación valiosa. La necesidad de simplificar complejos procedimientos o de descubrir la ciencia en todo lo que nos rodea, ha hecho aparecer nuevas y sorprendentes aplicaciones que podemos llevar en nuestros bolsillos, herramientas que favorecen tanto a niños y niñas como a sus padres y madres.

## **Referencias**

1. WALKER, HEINEMANN/MACMILLAN HEINEMANN (2011) CUERPO HUMANO EN MOVIMIENTO, [Primera Edición]
2. ABRAHAMS /LIBSA (2008) COMO FUNCIONA EL CUERPO HUMANO, [Primera Edición]
3. GREEN, DAVIS /BLUME (2013) LA FÁBRICA DEL CUERPO HUMANO, [Primera Edición]

## Notas Biográficas

El estudiante **Juan Manuel Hernández De la Cruz** pertenece a la carrera de ingeniería en sistemas computacionales en el instituto tecnológico superior de Chicontepec actualmente cursa el octavo semestre.

El estudiante **Carlos Iván Cruz Lara** es alumno del instituto tecnológico superior de Chicontepec de la carrera de ingeniería en sistemas computacionales, actualmente cursa el octavo semestre

El estudiante **Javier García Santiago** es alumno del instituto tecnológico superior de Chicontepec de la carrera de ingeniería en sistemas computacionales, actualmente cursa el octavo semestre.

El **Lic. Said Jair Guerra Escudero** es Licenciado en Informática egresada del Facultad de Estadística e Informática, Xalapa, Veracruz, en 2003. Actualmente cursando sus estudios de posgrado en Ciencias de la Computación en el Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica; Tiene una amplia experiencia en empresas privadas tales como LANIA (Laboratorio Nacional de Informática Avanzada) fungiendo como consultor TI, Región Norte Pemex TI como Líder de Proyectos y Banco WalMart desempeñándose como Líder Analista Técnico. En 2011 ingresó al Instituto Tecnológico Superior de Chicontepec, donde actualmente labora, ha participado como docente en el área de Sistemas Computacionales y asesor de diversos proyectos de innovación obteniendo reconocimiento importantes. Actualmente funge como profesor investigador.

# Prototipo didáctico de semáforo inteligente con Arduino y sensores PIR y ultrasónico

Juan Carlos Hernández Alcalá<sup>1</sup>, Armando Tepole Romero<sup>2</sup>,  
Ángel Torres Torres<sup>3</sup>, M. C. Luis Antonio Leal López<sup>4</sup> e Ing. José Alfredo García Brena<sup>5</sup>

**Resumen**— El presente trabajo plantea la creación de un semáforo inteligente de uso didáctico típico de 2 vías que pueda reconfigurar sus tiempos de cambio de un estado a otro dependiendo del flujo de autos, presencia de algún vehículo y/o de peatones. Utilizando para esto sensores PIR y ultrasónico en conjunto con una placa Arduino para la adquisición de datos. Realizando su programación mediante el software Ardublock en conjunto con el IDE de Arduino para una programación mucho más ágil, rápida y entendible en el enfoque didáctico. Este proyecto enfocado a tratar señales y ocuparlas para un semáforo de uso didáctico con el cual se pretende ejemplificarles a los alumnos y se familiaricen con la programación de tarjetas de adquisición de datos y el funcionamiento de sensores.

**Palabras clave**—Semáforo, Arduino, sensores.

## Introducción

En este proyecto se busca la conjunción de dos elementos que están en auge en la ingeniería, que es Arduino como tarjeta de adquisición de datos y el otro elemento es el control de elementos mecánicos, electrónicos conjuntados en procesos industriales y el manejo de señales que logra el control de estos procesos o elementos. El control requiere el tratamiento de errores y lograr la depuración de ellos lo más posible en medida que se pueda. Estos conocimientos se adquieren mediante teoría y práctica, sin embargo muchas veces este proceso solo se queda en teoría y el conocimiento de adquisición de datos y su tratamiento no se conocen bien y sin este aprendizaje el proceso final de programación y adaptación a una forma física no se logra o no se comprende.

Recientemente Arduino han lanzado al mercado varios sensores de todo tipo y su programación hace que el utilizar estos sensores y ocuparlos para visualizar o automatizar un proceso sea más fácil y en su paso aprender a programar secuencias para lograr un objetivo. En este caso se busca utilizar los sensores ultrasónicos y el sensor de proximidad (PIR) para simular un vehículo o una persona y que esto afecte el comportamiento del semáforo para permitir el paso de vehículos o personas dependiendo de las condiciones.

Y con este proyecto enfocado a tratar señales y ocuparlas para un semáforo pretende enseñarle a personas que no tengan acercamiento a la programación ni conozcan sensores se familiaricen con ellos mediante un tablero que muestre la programación y el funcionamiento de un sensor.

### Justificación.

La problemática común frente a un semáforo es la de si alguien va conduciendo en su vehículo frente a una avenida descongestionada sin vehículos o pocos vehículos, sucede que el semáforo se coloca en color rojo dando a entender un alto total. Muchas veces se desea que el tiempo pase rápido para que pase a verde o que solo pase a verde porque no hay ningún automóvil que lo impida, pero esto no es posible ya que el semáforo esta solo gobernado por tiempos para pasar de un estado de Siga, Preventivo y Alto.

Comúnmente esto se puede notar en momentos del día como noche o en la mañana en ciertas avenidas no muy concurridas que la afluencia de autos no es mucha. Pero también está el caso en el que hay varios autos y que el tiempo necesario para que vayan pasando completamente todos los autos es menor al tiempo establecido en el semáforo. El hecho de solucionar este problema optimizaría el flujo de los autos en horas que hay pocos autos y en el caso de que hayan demasiados seguiría cumpliendo su tiempo predeterminado.

Otro de los problemas observados es cuando un transeúnte desea pasar la avenida por el paso peatonal, el transeúnte desea pasar seguramente y con la confianza de que nadie podría atropellarlo por un cambio repentino del semáforo y es una idea que ha surgido en varias de las personas que pasan las avenidas estrechas a menudo. Una forma de solucionar este problema sería con un semáforo que pueda determinar si el paso del peatón es seguro o no

<sup>1</sup> Juan Carlos Hernández Alcalá es Pasante de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tehuacán. [juan\\_charly14@hotmail.com](mailto:juan_charly14@hotmail.com)

<sup>2</sup> Armando Tepole Romero es Pasante de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tehuacán. [tepole\\_5@hotmail.com](mailto:tepole_5@hotmail.com)

<sup>3</sup> Ángel Torres Torres es Pasante de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tehuacán. [angel19921@hotmail.com](mailto:angel19921@hotmail.com)

<sup>4</sup> El M. C. Luis Antonio Leal López es profesor de la carrera de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tehuacán. [antonio220181@hotmail.com](mailto:antonio220181@hotmail.com) autor corresponsal

<sup>5</sup> El Ing. José Alfredo García Brena es profesor de la carrera de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tehuacán. [josegar48@hotmail.com](mailto:josegar48@hotmail.com)

y así dar un veredicto para que se detenga el tráfico de una manera ordenada y dar el paso al peatón si el tráfico lo amerita.

El proyecto se busca utilizar los sensores de proximidad (PIR) y el sensor ultrasónico para lograr la toma de decisiones en manejar el flujo de autos ante los semáforos o el cruce de peatones, mejorar la seguridad de las personas, su tiempo y disminuir los contaminantes emitidos por autos debido a los paros y aceleraciones continuos de los conductores.

#### *Objetivo general.*

Construir un prototipo de semáforo inteligente que modifique tiempos, mediante la emisión de señales de sensores PIR y ultrasónico a tarjeta de programación Arduino orientado al uso de Ardublock para fines didácticos.

### **Descripción del Método**

#### *Diseño*

Debido al enfoque didáctico que se planea hacer con este proyecto, se planea hacer en un tablero que muestre 2 semáforos que sean los que intercambien información entre el sensor PIR y ultrasónico para poder determinar el paso del peatón, Y estos semáforos estarán a una altura de 1.50 comenzando la primera luz, y debajo de esta luz estará cada uno de los sensores para poder estar interactuando con ellos y ver los cambios que puedan suceder dependiendo de las condiciones programadas. Estas condiciones o los escenarios posibles estarán descritos en unas hojas pegadas al frente del tablero para que se pueda entender su funcionamiento, su programa y que hace cada respectivo sensor. En la figura 1 se muestra la estructuración del diseño del proyecto.

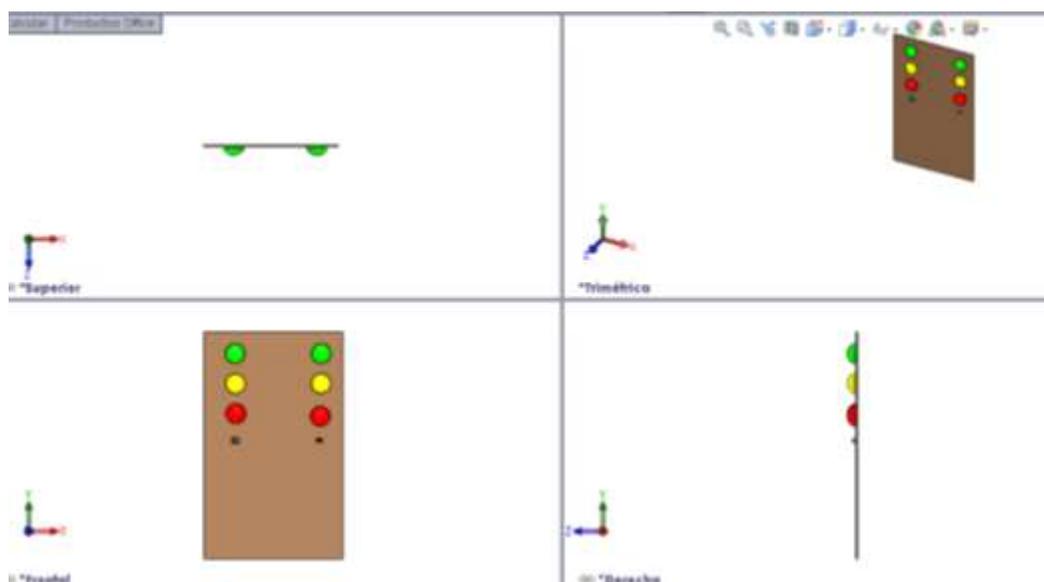


Figura 1. Vistas del tablero

En la vista frontal se da un imagen de la colocación de señalización y debajo de los colores rojos están los sensores PIR (lado izquierdo) y ultrasónico (lado izquierdo). Las medidas del tablero serán de 1.22m X 2.00m X ½ plg y es elaborado en tablaroca, con señalizaciones de AC con los sensores al frente. Por la parte trasera está la instalación eléctrica conformada por:

- Relevadores de 5V
- Tarjeta Arduino mega
- Fusibles
- Cable de alimentación
- Switch de Encendido o Apagado

#### *Ardublock en Arduino*

Se trata de un plug in que permite la elaboración del programa para Arduino sin necesidad de escribir el código con la sintaxis de sus órdenes. Esta posibilidad gráfica de elaborar programas es muy útil cuando estamos utilizando la Plataforma Arduino en niveles educativos. La facilidad de realizar la aplicación gráficamente permite que el alumno se dedique a pensar en el algoritmo más que en la corrección del código escrito. Esta herramienta está

basada en la tecnología de programación mediante bloques funcionales tan extendida en la actualidad. Realmente se distribuye como un applet de Java que se añade a las herramientas del IDE Arduino. Ardublock es una utilidad grafica cuya misión es generar código compatible con el entorno IDE Arduino.

#### *Sensor de detección de movimiento PIR*

El sensor cuenta con un lente Fresnel que hace posible un rango más amplio y la detección del cambio de patrones de luz infrarroja debido al movimiento dentro de su rango de detección. Ante la presencia de movimiento la salida proporciona una señal de nivel lógico alto, la cual retorna a nivel lógico bajo si no hay movimiento. Los sensores de presencia tienen como finalidad determinar si una persona está o no frente al sensor, en un intervalo de distancia especificado. Se suelen basar en el cambio provocado en alguna característica del sensor debido a la proximidad de la persona. El sensor de movimiento es un sensor modular Sensor Infrarrojo de Proximidad PIR, el sensor PIR posee solamente tres pines: Salida de Señal, V+ y GND. En la figura 2 se muestra las conexiones del sensor PIR al Arduino.

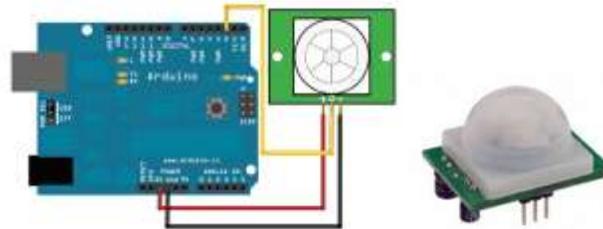


Figura 2. Conexiones del sensor PIR a la placa Arduino

#### *Sensor Ultrasónico*

El sensor HC-SR04 es un módulo que incorpora un par de transductores de ultrasonido que se utilizan de manera conjunta para determinar la distancia del sensor con un objeto colocado enfrente de este. La interfaz digital se logra mediante 2 pines digitales: el pin de trigger (disparo) y echo (eco). El primero recibe un pulso de habilitación de parte del microcontrolador, mediante el cual se le indica al módulo que comience a realizar la medición de distancia. A través de un segundo pin (echo) el sensor “muestra” al microcontrolador un pulso cuyo ancho es proporcional al tiempo que tarda el sonido en viajar del transductor al obstáculo y luego de vuelta al módulo. El Sensor Ultrasónico de Distancia PING tiene una interfaz simple de tres terminales y utiliza una sola línea para lograr una comunicación bidireccional con su dispositivo de control (típicamente un microcontrolador). Funciona mediante la transmisión de una ráfaga de ultrasonido en una frecuencia muy por encima del rango auditivo humano y provee un pulso de salida, el cual corresponde con el tiempo requerido por el eco (rebote) para retornar hasta el sensor. Al medir la duración de este pulso se puede calcular fácilmente la distancia al objetivo. La instalación en la placa se muestra en la figura 3.

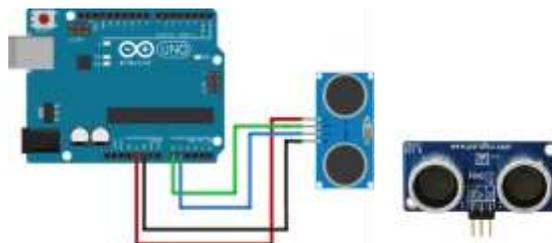


Figura 3. Conexión del sensor PING a la Placa Arduino HC-SR04

#### *Condiciones*

Las condiciones que se plantean dentro del proyecto son 64 combinaciones, estas hechas por las combinaciones de distintos elementos que llevara el semáforo los cuales son descritos en la figura 4:

Lista de asignación		EL PULSADOR DE 25 METROS EN ESTADO ALTO (EN 1) SIGNIFICA QUE EL AUTO ESTA EN EL RANGO MENOR QUE 25
Peaton	I1	
25 metros	I2	
50 metros	I3	
Peaton	I4	
25 metros	I5	
50 metros	I6	
SEMAFORO 1	Q1	
SEMAFORO 2	Q2	

Figura 4. Lista de asignación para los botones y sensores en el semáforo

- I1: Es el sensor PIR en el primer semáforo
- I2 e I3: Es el sensor ultrasónico el cual variara la distancia dependiendo de su ecolocación.
- I4: Es un botón destinado a suplir al sensor PIR en el semáforo 2, el cual sirve como perturbación artificial
- I5: Es un botón destinado a suplir al sensor Ultrasónico en una distancia menor a 25 metros en el semáforo 2, el cual sirve como perturbación artificial
- I6: Es un botón destinado a suplir al sensor Ultrasónico en una distancia menor a 50 metros en el semáforo 2, el cual sirve como perturbación artificial
- Q1: Son las salidas al semáforo 1
- Q2: Son las salidas al semáforo 2

A continuación se tiene una representación de la forma física en la que se esquematiza el semáforo de manera real en la figura 5.

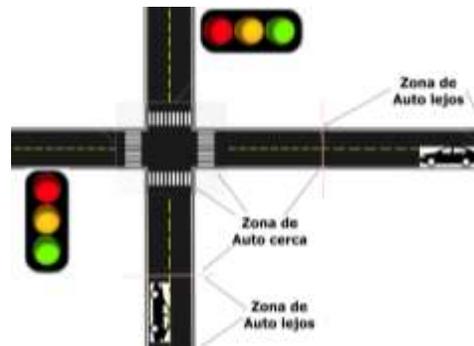


Figura 5. Cualquier auto puede seguir derecho en su carril o doblar a su derecha o izquierda dependiendo del carril en el que esté.

Es por eso que inicialmente se define la condición normal del semáforo que es la que se presenta a continuación en la figura 6:

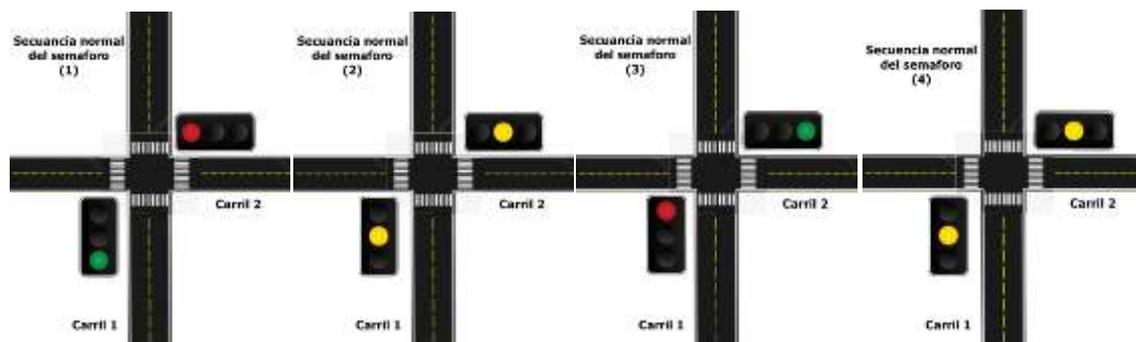


Figura 6. Simulación de condición normal.

Y vuelve un estado uno en el cual empieza a ser un ciclo que es el que se conoce en el semáforo convencionalmente, en el cual antes de pasar a un estado ambar, El color verde empieza a parpadear hasta lograr el cambio, y así se repite en los semáforos que se ve en cada cruce o esquina.

Siendo esta la función original y con la que se va a trabajar, se presentan las condiciones vistas en los diferentes estados de la tabla de verdad, que se muestra a en tabla 1.

Tabla 1. Estado de las condiciones operativas

Estado de la condición		Condición 1	Condición 2	Condición 3	Condición 4
Condición 1: PREFERENCIA AL AUTO si este cerca o lejos el auto y no hay presencia de una persona		Verde	Verde	Verde	Verde
Condición 2: PREFERENCIA AL PEATON si no hay presencia de algún automóvil y hay presencia de un humano		Rojo	Rojo	Rojo	Rojo
Condición 3: PREFERENCIA AL AUTO si el auto esta lejos y hay presencia de una persona en ese carril o en contrario		Verde	Verde	Verde	Verde
Condición 4: PREFERENCIA AL AUTO si el auto esta cerca y hay presencia de una persona		Verde	Verde	Verde	Verde
Condición 5: UNA FUNCIÓN NORMAL si hay presencia de autos en los 2 carriles ya sea cerca o lejos		Verde	Verde	Verde	Verde
Condición 6: UNA FUNCIÓN NORMAL si hay presencia de autos en los 2 carriles ya sea cerca o lejos y presencia de un humano		Verde	Verde	Verde	Verde
Condición 7: UNA FUNCIÓN NORMAL cuando no hay presencia de ningún auto o persona		Verde	Verde	Verde	Verde
Condición 8: UNA FUNCIÓN NORMAL si el auto esta cerca y otro lejos en el mismo carril y hay presencia de una persona en ese carril o el contrario		Verde	Verde	Verde	Verde
Condición 9: UNA FUNCIÓN NORMAL si hay presencia de un humano y foto un auto cerca en el carril contrario		Verde	Verde	Verde	Verde
Condición 10: UNA FUNCIÓN NORMAL si hay presencia de un humano en ambos carriles y hay un auto cerca en algún carril		Verde	Verde	Verde	Verde

*Condición 10: Bien es el auto semáforo*

Por PREFERENCIA AL AUTO se entiende que se dara la preferencia a un auto en los estados de que NO HALLA ALGUN PEATON O ESTE LIBRE EL PASO PARA QUE PASE SIN NINGUN PROBLEMA

Por PREFERENCIA AL PEATON se entiende que se dara la preferencia a el humano en los estados de que NO HALLA ALGUN AUTOMÓVIL EN SU CARRIL O EL CONTRARIO O BIEN EL AUTO VENGA LEJOS EN SU CARRIL O EL CONTRARIO

Por FUNCIÓN NORMAL se entiende que el semáforo tomara el estado normal de semáforo o bien el estado último en el que se quedo el semáforo en su rutina normal

Por el estado LEJOS se entiende que el auto esta dentro del rango de entre 25 a 50 metros puestas en la programación

Por el estado CERCA se entiende que el auto esta dentro del rango de entre 0 a 24 metros puestas en la programación

Donde de algunas de las condiciones se realizaron se ejemplifican de manera visual se presentan las condiciones 1 y 2; en la condición 1 se nota la preferencia al auto si este cerca o lejos el auto y no hay presencia de una persona (figura 7).



Figura 7. Exposición visual de la condición 1.

En la condición 2 se nota la preferencia al peatón si no hay presencia de algún automóvil y hay presencia de un humano (figura 8).



Figura 8. Simulación de la condición 2.

## Comentarios Finales

### Resumen de resultados

Con el desarrollo de este proyecto se pretende ejemplificar de manera didáctica como lograr el control sobre la toma de decisiones en un semáforo mediante programación con Arduino que permita al usuario final que es el conductor de un auto disminuir su tiempo frente a un cruce de calles o conocido como cruce para así poder reducir así las emisiones de contaminantes por el hecho de un arranque, tener mejor tiempo entre cambio de un semáforo a otro debido a su interconexión. A su vez lograr un programa que mediante la utilización de Ardublock puede programar completamente las instrucciones necesarias para la toma de decisiones en el semáforo y que este programa se pueda usar también para la explicación de rutinas de Arduino para personas que empiezan a programar o que no han tenido acercamiento al mismo y explicar la función del sensor de presencia PIR y ultrasónico para este proyecto y como configurarlo mediante Ardublock.

### Conclusiones

Una vez implementado este proyecto de manera real es decir pasar de lo didáctico a su aplicación directa permitirá reducir el costo de la adquisición, además simplificará la interconexión entre cruces en calles y con vías ferroviarias. Estos semáforos funcionan en base a sensores de proximidad y ultrasónicos en una placa Arduino que es asequible y mucho más económica que los semáforos instalados en la comunidad de estudio.

## Referencias

- Dávila, J. R. (2013). Red de detectores pasivos infrarrojos" enlazados por radiofrecuencia, como sistema de alarma de seguridad de bajo costo. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*.
- Gutiérrez, J. M. (2011). IDE Arduino + Ardublock.
- Gutierrez, J. M. (2012). Entornos Gráficos para la Programación.
- Hernández, S. (2015). Desarrollo de un prototipo de un sistema de semáforos controlado mediante un teléfono inteligente Android por los fiscales de tránsito para optimizar el tráfico vehicular en la intersecciones viales del sector. Caracas.
- López Bautista, J. R. (2012). Control de acceso a distancia con tecnología RFID (doctoral dissertation).
- Parra, O. J. (2005). Modelo de semaforización inteligente para la Ciudad de Bogotá. Ingeniería, Bogota.
- Salazar Yaringaño, G. (. (2012). Diseño de un sistema guía de recorridos en el Museo de Arte y Tradiciones Populares.
- Santamaría, M. V. (2014). Semáforos inteligentes para la regulación del tráfico vehicular. *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*.

## Notas Biográficas

- El C. **Juan Carlos Hernández Alcalá** es pasante de la carrera de Ingeniería Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tehuacán.
- El C. **Armando Tepole Romero** es pasante de la carrera de Ingeniería Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tehuacán.
- El C. **Ángel Torres Torres** es pasante de la carrera de Ingeniería Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tehuacán.
- El **M. C. Luis Antonio Leal López** es Ingeniero Electrónico y tiene el grado de Maestro en Ciencias de Ingeniería Electrónica, ambas por el Instituto Tecnológico de Orizaba, es profesor de la carrera de Ingeniería Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tehuacán, participa en la formación de recursos humanos mediante la asesoría y dirección de tesis de licenciatura y maestría, ha presentado ponencias en congresos nacionales e internacionales y realizado publicaciones en revistas arbitradas y es miembro del Cuerpo Académico Automatización, control y sistemas dinámicos.
- El **Ing. José Alfredo García Brena** es Ingeniero Electromecánico por el Instituto Tecnológico de Tehuacán, es profesor de la carrera de Ingeniería Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tehuacán, participa en la formación de recursos humanos mediante la asesoría de tesis de licenciatura y es miembro del Cuerpo Académico Automatización, control y sistemas dinámicos.

# Metodologías para la Implementación de Codificadores Convolucionales en FPGA

Lorenzo Antonio Hernández Almanza<sup>1</sup>, José Guadalupe Arceo Olague<sup>2</sup>, Oscar Osvaldo Ordaz García<sup>3</sup>, Manuel Hernández Calviño<sup>4</sup>, José Manuel Palomares Muñoz<sup>5</sup>, E. de la Rosa Miranda<sup>6</sup>, Roberto Solís Robles<sup>7</sup>

**Resumen** —Para este trabajo se considera el uso de los *FPGA's* para probar diseños de codificadores convolucionales implementados a nivel hardware, mostrando las diferentes fases de desarrollo. Primeramente se muestran simulaciones de los codificadores en *Matlab* y en *ISim*. Para el diseño de los codificadores convolucionales se consideran dos estrategias de desarrollo, la primera es orientada a la estructura lógica de los circuitos digitales y la segunda hace uso de máquinas de estados finitos. En ésta última, se muestra una forma de como obtener la máquina de estados de un codificador convolucional. Se utiliza *ISE* de *Xilinx* para la síntesis y finalmente se comentan los resultados de la implementación de los codificadores convolucionales en una placa de desarrollo con un *FPGA* de bajo costo que permite el uso de este dispositivo, evitando la necesidad de dispositivos de alto rendimiento y costo en ambientes educativos.

**Palabras clave** — codificadores convolucionales, tablas de estados, diagramas de estados, *FPGA*.

## Introducción

Actualmente, el uso de la tecnología de *FPGA* (*Field Programmable Gate Array*) es muy importante para el desarrollo de arquitecturas de computadoras o de sistemas digitales en comunicaciones inalámbricas de telefonía móvil, comunicaciones espaciales, vehículos autónomos, drones o tecnología propia. El principal motivo es la agilidad que se tiene para traducir un diseño a la implementación, hacer pruebas y realizar mejoras en forma rápida desde un entorno de simulación o en el funcionamiento en hardware.

En la literatura consultada para el presente trabajo, en los que se considera la implementación de codificadores convolucionales, los dispositivos *FPGA* que utilizan son principalmente de medio a alto desempeño como es un *Cyclone* de *Altera* [2] o un *Virtex* de *Xilinx* [4], [5], [8]. En casos donde la intención es aprovechar el *FPGA* para fines didácticos, han utilizado *FPGA's* como el *Spartan Iie* [1] (actualmente obsoleto), el cual tiene un desempeño inferior a los *FPGA's* mencionados previamente. En otros casos, solo reportan la simulación [3], [6], [7], [9], [10] mostrando resultados de la síntesis de los diseños, dejando de lado las pruebas de funcionamiento en el *FPGA*.

Por tal motivo, lo interesante de trabajar con *FPGA's* es centrarse en la metodología de desarrollo que debe seguirse, teniendo cuidado de hacer ajustes de acuerdo a la placa de desarrollo disponible para la enseñanza o en su caso, para investigación, situación que se aborda en trabajos realizados previamente por los autores en la implementación de un procesador elemental, en el desarrollo de un Core de un procesador de imágenes tipo *SIMD* (*Single Instruction Multiple Data*) y de su ensamblador o de una unidad elemental de un microprocesador [12]-[17].

La implementación del codificador convolucional puede hacerse mediante un circuito lógico que implica operaciones de suma modulo a 2 con compuertas *X-OR* o diagramas de estados. En el caso del decodificador se utiliza un diagrama de Trellis o decodificador Viterbi. Para este trabajo, se considera implementar diferentes codificadores convolucionales partiendo del circuito lógico como el que se muestra en la Figura 1 o mediante el diagrama de estados. En el caso del diagrama de estados, es necesario establecer los estados y sus transiciones, estos solo son conocidos para los codificadores estudiados comúnmente. Para obtener el diagrama de estados de un codificador, una posibilidad es escribir una tabla de estados con la entrada, el contenido de los registros y la salida del codificador [3], [4]. En este trabajo, se propone agregar mediante un identificador el estado actual y definir el estado siguiente. De tal forma, se puede cambiar la tabla de estados a un diagrama de estados. El diagrama de estados también es útil para representar un diagrama de Trellis y en consecuencia, implementar un decodificador.

<sup>1</sup> El Ing. Lorenzo Antonio Hernández Almanza, egresado de Ingeniería en Computación, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica (UAIE), Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), México. Lor7\_90@hotmail.com

<sup>2</sup> Los Dr. José Guadalupe Arceo Olague, es docente investigador en la UAIE-UAZ, México. arceojg@uaz.edu.mx

<sup>3</sup> El M.I.A Oscar Osvaldo Ordaz García, docente investigador en la UAIE-UAZ, UCO, España. oscarord27@hotmail.com

<sup>4</sup> El Dr. Manuel Hernández Calviño, docente investigador en el Dpto. Física General, Facultad de Física, Universidad de La Habana, Cuba. mhernan@fisica.uh.cu

<sup>5</sup> El Dr. José Manuel Palomares Muñoz es Profesor Contratado del Dpto. de Arquitectura de Computadores, Electrónica y Tecnología Electrónica de la Universidad de Córdoba (UCO), España.

<sup>6</sup> El Dr. E. de la Rosa Miranda es docente investigador en la UAIE-UAZ, México.

<sup>7</sup> El Dr. Roberto Solís Robles es docente investigador en la UAIE-UAZ, México.

El presente trabajo está organizado de la siguiente forma: se presentan los aspectos teóricos de codificadores convolucionales, se establece la metodología para obtener las tablas de estados y se muestran los diagramas de estados. Posteriormente se muestran los resultados de simulación en Matlab, los diseños esquemáticos y de las máquinas de estados de los codificadores, los resultados de simulación en la herramienta *ISim* de *ISE* y los resultados de funcionamiento en hardware en el *FPGA*. Finalmente, se expresan las conclusiones del trabajo.

### Codificadores Convolucionales

El codificador de un código convolucional binario con tasa  $1/n$ , medida en bits por símbolo, puede considerarse como una máquina de estados finitos que consiste en un registro de corrimiento de  $v$  etapas con conexiones preestablecidas a  $n$  sumadores módulo 2 y a un multiplexor que fija en serie la salida de los sumadores, [11]. Un código convolucional queda especificado por los siguientes parámetros:

Números de entradas  $k \leftarrow$  Bits de información; Números de salidas  $n \leftarrow$  Secuencia codificada de información, bits de información + bit de redundancia.; Memoria de código  $v$ ;  $r = k/n \leftarrow$  Tasa del código;  $K = v+1 \leftarrow$  Longitud de restricción.

Tradicionalmente, las propiedades estructurales de un codificador convolucional se representan en forma gráfica utilizando uno de tres diagramas equivalentes: árbol de código, enramado (Trellis) y diagrama de estados.

#### La estructura de $(1,n)$ codificadores convolucionales

Considerando un código convolucional de  $1/2$  generado por el codificador que se muestra en la Figura 1, el codificador es un registro de desplazamiento lineal de alimentación hacia adelante. El flujo de datos de entrada es una secuencia binaria, definida por:

$$\mathbf{c} = (\dots, c_{-1}, c_0, c_1, \dots, c_l, \dots) \quad (1)$$

Donde  $l$  indica el instante de tiempo. Los elementos del bloque de código de salida se calcula como:

$$v_l^{(1)} = c_l + c_{l-2} \quad (2)$$

$$v_l^{(2)} = c_l + c_{l-1} + c_{l-2}$$

Las dos secuencias de salida son multiplexadas por un conmutador para formar una sola secuencia de código.

$$\mathbf{v} = (\dots, v_{-1}^{(1)}, v_{-1}^{(2)}, v_0^{(1)}, v_0^{(2)}, v_1^{(1)}, v_1^{(2)}, \dots, v_l^{(1)}, v_l^{(2)}, \dots) \quad (3)$$

El conjunto de todas las posibles secuencias de código  $\mathbf{v}$  producidas por el codificador convolucional de forma  $(1,2)$ . Las conexiones entre el desplazamiento de elementos de registro y los sumadores módulo 2 pueden ser descritos convenientemente por las dos siguientes secuencias generadas.

$$\mathbf{g}^{(1)} = (g_0^1, g_1^1, g_2^1) = (101)$$

$$\mathbf{g}^{(2)} = (g_0^2, g_1^2, g_2^2) = (111) \quad (4)$$

La operación de codificación se puede representar como:

$$\mathbf{v}^{(i)} = \mathbf{c} * \mathbf{g}^{(i)}, \quad i = 1, 2 \quad (5)$$

En general el codificador tiene  $k$  entradas y  $n$  secuencias de salida. Cada secuencia de entrada de información es codificada en una secuencia de código. El conjunto de todas las posibles secuencias de códigos generados por el codificador forma un código convolucional  $(k, n)$ .

Cualquier código convolucional  $(k, n)$  es especificado por  $k \times n$  polinomios generadores, que forman la matriz generadora  $\mathbf{G}(D)$ .

$$\mathbf{G}(D) = \begin{bmatrix} \mathbf{g}_{11} & \mathbf{g}_{12} & \dots & \mathbf{g}_{1n} \\ \mathbf{g}_{21} & \mathbf{g}_{22} & \dots & \mathbf{g}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{g}_{k1} & \mathbf{g}_{k2} & \dots & \mathbf{g}_{kn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Considera  $k$  secuencias de entrada dispuestas como una fila de vector de secuencias.

$$\mathbf{c}(D) = [\mathbf{c}^{(1)}(D) \ \mathbf{c}^{(2)}(D) \ \dots \ \mathbf{c}^{(k)}(D)] \quad (7)$$

El código de operación puede ser representado ahora por un vector producto del código de entrada y la matriz generadora.

$$\mathbf{v}(D) = \mathbf{c}(D)\mathbf{G}(D) \quad (8)$$

Después de la multiplicación la secuencia de código transmitida es dada por:

$$\mathbf{v}(D) = \mathbf{v}^{(1)}(D^n) + D\mathbf{v}^{(2)}(D^n) + \dots + D^{(n-1)}\mathbf{v}^{(n)}(D^n) \quad (9)$$

Como ejemplo, se considera el codificador convolucional  $(2,3)$  mostrado en la Figura 2

Por otro lado, un codificador convolucional utilizado en *LTE* es de tasa  $1/3$  con una longitud de restricción de 7, como se muestra en la [18]. Las operaciones de codificación se muestran en (8) y (9) y la matriz generadora para éste codificador es:

$$\mathbf{G}(D) = [1 + D^2 + D^3 + D^5 + D^6; \ 1 + D + D^2 + D^3 + D^6; \ 1 + D + D^2 + D^4 + D^6] \quad (10)$$

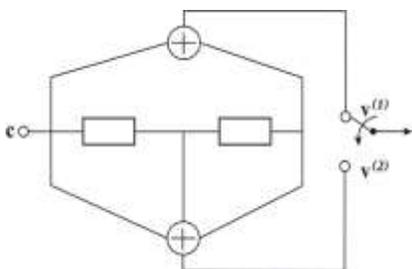


Figura 1. Código Convolucional de tasa 1/2

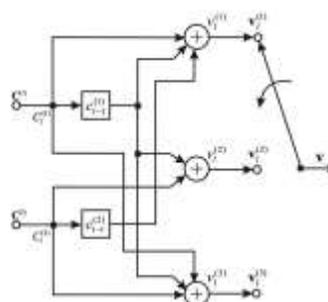


Figura 2. Codificador convolucional de tasa (2/3)

**Obtención de máquina de estados**

Para implementar un codificador y en su caso, el decodificador asociado, es fundamental conocer los diferentes estados y la transición entre ellos. Para determinar el número de estados, se propone registrar en una tabla de estados, considerando las entradas, los valores internos en el codificador y la salida, identificando una secuencia de estados. La

Tabla I muestra los estados, salidas y transiciones para el codificador convolucional de tasa 1/2. Cabe destacar que éste codificador tiene  $2^k = 2^2 = 4$  estados posibles y  $2^k = 2^1 = 2$  ramas hacia los nodos de los siguientes estados posibles, es decir, para cada estado del codificador se tienen dos posibles entradas 0 ó 1 y en consecuencia, dos posibles transiciones.

Las salidas  $v_1$  y  $v_2$  están definidas por  $v_1^{(1)} = c_i + c_{i-2}$  y  $v_1^{(2)} = c_i + c_{i-1} + c_{i-2}$ . Los registros de memoria actual se relacionan con el estado actual del codificador. En cada instante de tiempo hay un desplazamiento en las memorias (registros) del codificador, por lo cual los registros  $c_i$  y  $c_{i-1}$  definen el estado siguiente de la memoria. Se representa a cada estado del codificador mediante una letra del alfabeto para simplificar las diferentes representaciones gráficas y facilitar su relación. Esta analogía permite definir las representaciones gráficas para los diferentes codificadores convolucionales, mostrados en la Figura 4 y Figura 5.

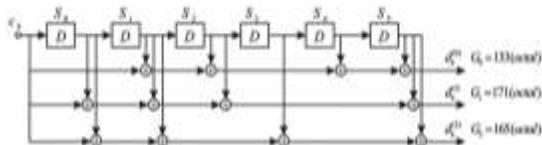


Figura 3. Codificador convolucional de tasa (1/3).

Estado	Memoria Actual	Estado Actual	Salidas	Memoria Siguiente	Estado Siguiente
$c_i$	$c_{i-1}$	$c_{i-2}$	$v_1^{(1)} = c_i + c_{i-2}$	$c_i$	$c_{i-1}$
0	0	0	0 0	0	0
0	0	1	1 0	1	0
0	1	0	0 1	0	1
0	1	1	1 1	1	1
1	0	0	0 1	1	0
1	0	1	1 0	0	1
1	1	0	1 1	1	1
1	1	1	0 0	0	1

Tabla I. Estados, transición y salidas, codificador convolucional de tasa 1/2

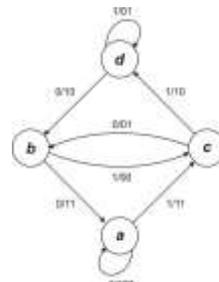


Figura 4. Diagrama de estado, codificador convolucional de tasa (1/2)

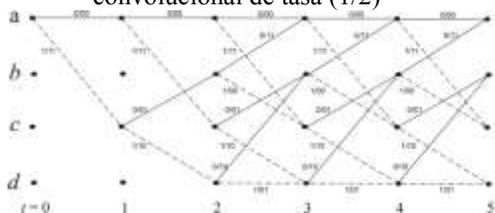


Figura 5. Diagrama de trellis, codificador de tasa (1/2).

Otro codificador convolucional que se considera es el de tasa 2/3 con longitud de restricción 2, éste codificador tiene  $2^k = 2^2 = 4$  estados posibles y  $2^k = 2^2 = 4$  ramas que parten a los nodos de los siguientes estados posibles. En éste codificador, la transición al estado siguiente es relacionada con  $c_i^{(1)}$  y  $c_i^{(2)}$ . En la Tabla II se representan todas las posibles entradas para cada uno de los cuatro estados del codificador. En la Figura 6 se muestra la máquina de estados. Para el codificador convolucional de tasa 1/3 con longitud de restricción 7, cuenta con 6 memorias por lo tanto tiene  $2^k = 2^6 = 64$  estados posibles y  $2^k = 2^1 = 2$  ramas que parten a los nodos de los siguientes estados posibles. La tabla de estados para este codificador convolucional se reporta en [17].



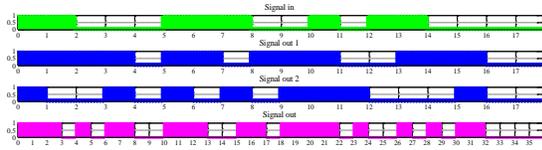


Figura 7. Resultados de la simulación en MatLab, codificador de tasa 1/2.

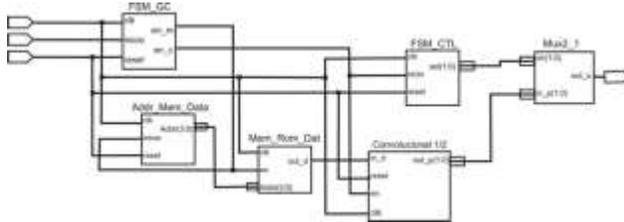


Figura 8. Diagrama de entidades, codificador convolucional de tasa 1/2

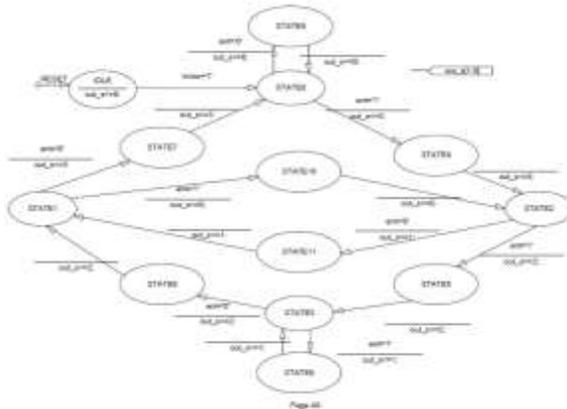


Figura 9. Máquina de estados finitos en StateCAD, codificador convolucional de tasa 1/2.



Figura 10. Simulación en ISim de Xilinx del codificador de tasa 1/2 descrito en VHDL.



Figura 11. Simulación en ISim de Xilinx del codificador de tasa 1/2 diseñado en StateCAD.



Figura 12. Resultados de implementación en FPGA del codificador de tasa 1/2 descrito en VHDL.



Figura 13. Resultados de implementación en FPGA, codificador de tasa 1/2 diseñado en StateCAD.

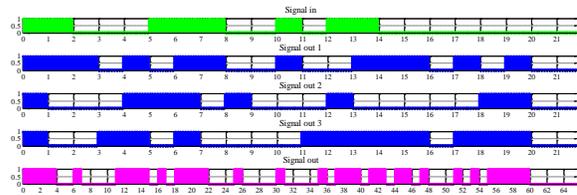


Figura 14. Resultados de la simulación en MatLab, codificador de tasa 1/3.

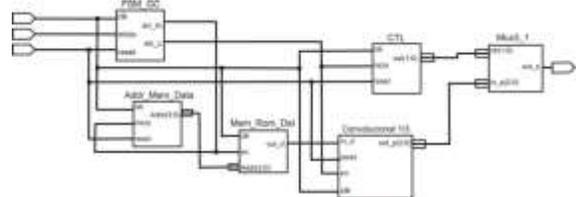


Figura 15. Diseño de entidades, codificador convolucional de tasa 1/3.



Figura 16. Resultados de la simulación en ISim de Xilinx, codificador de tasa 1/3.

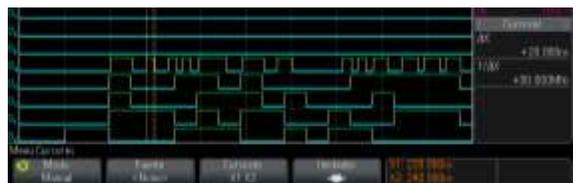


Figura 17. Resultados de la implementación en FPGA, codificador de tasa 1/3.

### Conclusiones

La metodología presentada haciendo uso de FPGA facilita el estudio de los codificadores, permitiendo la realización de un diseño simple de implementar, teniendo en cuenta la rapidez y facilidad para modificar un diseño y las herramientas de visualización y el bajo coste. La descripción en VHDL facilita la implementación de las entidades necesarias para cada uno de los codificadores convolucionales, facilitando la corrección de errores en la descripción.

Las entidades que conforman a los codificadores convolucionales de tasa 1/2, 2/3 y 1/3 son importadas a *Xilinx ISE* para realizar un diseño esquemático y sintetizarlo en el *FPGA*, lo que reduce el tiempo de desarrollo. Después de la síntesis en el *FPGA*, las señales de los codificadores fueron observadas en un osciloscopio de señal mixta. Las señales de los datos visualizados en el osciloscopio son idénticas a las obtenidas en las simulaciones de *MatLab* y de *ISim* de *Xilinx*, lo que permite verificar los diseños.

Para el caso del codificador convolucional de tasa 1/2 se implementó de dos formas diferentes: Descripción en *VHDL* y una máquina de estados en *StateCAD*. Se comparan los resultados para ver la manera más conveniente de implementar los codificadores. Por ejemplo, para el codificador de tasa 1/3 con longitud de restricción 7, si lo consideramos como una máquina de estados, tiene 64 estados y de cada estado salen 2 ramas. Lo anterior resulta más complicado y tardado en el proceso de descripción del codificador si se diseña mediante una máquina de estados. Por tal motivo, se sugiere emplear la descripción en *VHDL* en este caso.

Se presenta una forma útil para establecer la tabla de estados y así obtener la máquina de estados de los codificadores convolucionales. Al contar con los estados y transiciones, es muy útil para la implementación de los codificadores convolucionales en forma de máquina de estados y necesarios en caso de implementar un decodificador. De acuerdo a las características de los *FPGA*'s, los cuales son de bajo costo con rendimiento relativamente bajo, se muestra que es factible hacer el uso de esta dispositivo como una estrategia para la enseñanza de arquitecturas de hardware relacionadas con sistemas de comunicaciones digitales y en el uso de tecnología en ambientes académicos.

### Reconocimientos

A la Universidad Autónoma de Zacatecas y al proyecto P/PROFOCIE-2014-32MSU0017H-09.

### Referencias

- [1] Sandoval Ruiz, Cecilia E y Fedon, Antonio. "Descripción Modular de un Esquema de Codificación Concatenado para Corrección de Errores con Programación de Hardware". *Ingeniare. Rev. chil. ing.* 2008, vol.16, n.2 pp. 310-317. Disponible en: ISSN 0718-3305.
- [2] Luna Espinosa Luis Alberto, Sánchez López Juan de Dios, Nieto Hipólito Juan Iván, Vázquez Briseño Mabel, Arvizu Mondragón, Arturo, Gómez Agis Carlos. "Implementación Práctica De La Etapa De Codificación De Canal De Un Sistema De Comunicaciones". Congreso Internacional en Ingeniería Electrónica. Mem. Electro 2014, Vol. 36, pp 301-305, Chihuahua, Chih. México
- [3] Ravallika. kolakaluri,R.Suryaprakash, B.vijaybhaskar "HDL Implementation of convolution encoder and viterbi decoder" *International Journal of Engineering Research & Technology - Vol.1 - Issue 5 (July - 2012) - e-ISSN: 2278-0181.*
- [4] Ch Sandeep Reddy, R Ganesh "FPGA Implementation of Convolution Encoder and Viterbi Decoder" *International Journal of Research in Electronics & Communication Technology Volume 1, Issue 2, October-December, 2013, pp. 166-172, © IASTER 2013 www.iaster.com, ISSN Online: 2347-6109, Print: 2348-0017*
- [5] Y. Sun and Z. Ding, "FPGA Design and Implementation of a Convolutional Encoder and a Viterbi Decoder Based on 802.11a for OFDM," *Wireless Engineering and Technology*, Vol. 3 No. 3, 2012, pp. 125-131. doi: 10.4236/wet.2012.33019.
- [6] Wong, Y.S. Wen Jian Ong ; Jin Hui Chong ; Chee Kyun Ng ; Noordin, N.K. "Implementation of convolutional encoder and Viterbi decoder using VHDL" - Research and Development (SCOREd), 2009 IEEE Student Conference on. 16-18 Nov. 2009 - 22 - 25 E-ISBN : 978-1-4244-5187-6 Print ISBN: 978-1-4244-5186-9
- [7] J.Tulasi, T.Venkata Lakshmi and M.Kamaraju "FPGA Implementation of Convolutional Encoder and Hard Decision Viterbi Decoder", *International Journal of Computer & Communication Technology (IJCCCT)*, ISSN (ONLINE): 2231 - 0371, ISSN (PRINT): 0975 -7449, Vol.-3, Issue - 4, 2012.
- [8] Kavinilavu, V. Salivahanan, S. ; Bhaaskaran, V.S.K. ; Sakthikumar, S. ; Brindha, B. ; Vinoth, C. "Implementation of Convolutional encoder and Viterbi decoder using Verilog HDL" *Electronics Computer Technology (ICECT)*, 2011 3rd International Conference on (Volume:1 ) 8-10 April 2011 - 297 - 300 E-ISBN :978-1-4244-8679-3 Print ISBN: 978-1-4244-8678-6
- [9] Sandesh Y.M, Kasetty Rambabu "Implementation of Convolution Encoder and Viterbi Decoder for Constraint Length 7 and Bit Rate 1/2" - *Int. Journal of Engineering Research and Applications* ISSN : 2248-9622, Vol. 3, Issue 6, Nov-Dec 2013, pp.42-46.
- [10] G.Madhu kumar. A.Swetha "Design and implementation of convolution encoder and viterbi decoder" *International Journal of Scientific Research*, Vol.I, Issue.VI Nov 2012.
- [11] B. Vucetic and J. Yuan, *Turbo Codes, Principles and applications*, Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [12] Oscar Osvaldo Ordaz García, Arturo Aref Rico Sabag, José Guadalupe Arceo Olague y Lizbet Jacqueline González Carrillo, Implementación de un Procesador Elemental en un *FPGA*, ENINVIE 2010, Zacatecas, Zac., Marzo de 2010; pp. 76-83. ISBN 978-607-7678-41-0.
- [13] Oscar O. Ordaz García, Manuel Hernández Calviño, José Ignacio Benavides Benítez y José G. Arceo Olague, Eficiencia del uso de recursos en un *FPGA* para la descripción de un Procesador Elemental, XII ROPEC'2010 INTERNACIONAL, Noviembre 2010.
- [14] Ordaz García, Oscar Osvaldo; Hernández Calviño, Manuel; Benavides Benítez, José Ignacio; y Arceo Olague, José Guadalupe. (2012) "Desarrollo del CORE de un Procesador de Imágenes de tipo SIMD embebido en un *FPGA*". ROPEC'2012 - XIV Reunión de Otoño de Potencia, Electrónica y Computación IEEE Sección Centro Occidente. págs. 463-468. ISBN: 978-607-95476-6-0
- [15] Diego Nava Rodríguez, Oscar Osvaldo Ordaz García, Manuel Hernández Calviño, José Guadalupe Arceo Olague; Desarrollo de ensamblador para procesador de imágenes tipo SIMD. Congreso Internacional de Investigación de Academia Journals.com, Celaya 2013. Vol. 5, No. 3., Tomo 16, pp. 2364-2369. ISSN: 1946-5351 (online), ISSN: 1948-2353 (CD-ROM).
- [16] Oscar Osvaldo Ordaz García, Manuel Hernández Calviño, José I. Benavides and José G. Arceo Olague; Diseño de la Unidad Elemental de un Microprocesador en un *FPGA*, CONCyE 2011, Abril de 2011. Zac, Zac. México. ISBN 978-607-7678-56-4. Pags. 57 - 63.
- [17] Lorenzo Antonio Hernández Almanza, Implementación de codificadores convolucionales para comunicaciones en *FPGA*, Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Zacatecas, Noviembre de 2014.
- [18] A. Ghosh, J. Zhang and J. G. Andrews, *Fundamentals of LTE*, Prentice Hall, 2010.

# LA CRIANZA DE CARACOLES HÉLIX ASPERSA MULLER COMO ALTERNATIVA DE INVERSIÓN EN EL SOCONUSCO

Dr. Luis Miguel Hernández Barajas<sup>1</sup>; Mtro. Amel Ángel López Calvo<sup>2</sup>. Mtro. Carlos Chang Velázquez<sup>3</sup>. Karla Hernández Fernández<sup>4</sup>

**Resumen**— En la actualidad la población de consumo potencial de caracoles de tierra se encuentra en Europa pero como consecuencia de la recolección ilimitada y de que estos moluscos están expuestos a sustancias tóxicas utilizadas en la agricultura y en la ganadería su producción ha decrecido, convirtiéndose en un conflicto para estos países.

Esta investigación se enfocará en demostrar que la creación de criaderos de caracoles de tierra en México puede satisfacer dicha demanda siendo además una alternativa para dichos problemas y cuidado del medio ambiente. Incluye un breve resumen de los elementos del proyecto de inversión validando la factibilidad de mercado, técnica-productiva y económica del proyecto planteado validado a través de una prueba piloto en el municipio de Unión Juárez que forma parte del Soconusco en el Sureste de Chiapas, México.

**Palabras clave**—Caracoles, Inversión, Soconusco.

## Introducción

En la actualidad el mundo está en busca de comida más nutritiva y natural, incrementándose el consumo de estos productos, el caracol, “escargot” en francés, resulta ser una alternativa dentro de este sector, ocasionando un mayor consumo hoy en día. Países como E.U., Francia, España e Italia, entre otros, son los principales consumidores del caracol de tierra, cuya demanda ha incrementado al paso de los años, provocando una sobreexplotación, por lo cual se tiene la necesidad de implementar criaderos que controlen las condiciones de reproducción. Del caracol de tierra se obtienen beneficios, no solo de su carne, si no de su baba, concha y huevecillos. Los cuales tienen las siguientes aplicaciones: La concha, comúnmente utilizada en decoración de artículos, para la creación de artesanías y como un objeto de estética en diversos platillos. La baba, aplicada en productos dermatológicos, posee propiedades curativas usadas cuyas presentaciones varían desde cremas y jabones. En cuanto a la carne del caracol es suave, baja en grasa y alto contenido en agua, la cual la hace más sana que otras carnes; y por su crianza está libre de hormonas y fertilizantes. El término “helicicultura” deriva de los vocablos latinos “Hélix” (Tipo de caracol) y “Cultivare” (Cultivar). Entendemos por helicicultura la cría racional en cautiverio, con fines comerciales, de caracoles terrestres comestibles.

Los caracoles aparecen presentes a lo largo de toda la historia de la humanidad, no solo formando parte de su alimentación, sino también como elementos importantes dentro de las religiones, las artes, la medicina y las tradiciones de diferentes culturas de todas las épocas. A principios del siglo XX debido a que la demanda de caracoles y su valor económico era cada vez mayor algunos pioneros realizaron los primeros intentos de cría verdadera, es decir, controlando todas las fases del ciclo del caracol, incluyendo la producción de crías.

Actualmente ya se puede hablar de la cría de caracoles terrestres o helicicultura como una actividad zootécnica reconocida internacionalmente pese a la variedad de sistemas de cría existentes. La helicicultura ósea, la cría a ciclo biológico completo del caracol, ha conocido en los últimos 20 años desarrollos consistentes que han puesto en evidencia la factibilidad y la economicidad de cría de caracoles siempre conocida y nunca practicada. Hoy la helicicultura es una realidad agrícola reconocida por los entes públicos e institucionales muchos de los cuales (comunidades y regiones) han legislado a su favor. En Italia, se cuentan hoy, 8200 empresas profesionales helicícolas, para un total de 90,000,000 de metros cuadrados dedicados a tales crías. (FONTANILLA, J. 2009). El mercado, ya es capaz de absorber con facilidad la producción, ha ido creciendo y absorbiendo nuevos abriendo

---

<sup>1</sup> Dr. Luis Miguel Hernández Barajas es Jefe del Depto. de Ingeniería Industrial y Docente de tiempo completo del Instituto Tecnológico de Tapachula, [luismhdez@hotmail.com](mailto:luismhdez@hotmail.com)

<sup>2</sup> Mtro. Amel Ángel López Calvo es Jefe de Vinculación del Depto. de Ingeniería Industrial y Docente de tiempo completo del Instituto Tecnológico de Tapachula. [Acalvo69@hotmail.com](mailto:Acalvo69@hotmail.com)

<sup>3</sup> Mtro. Carlos Chang Velázquez es Jefe del Laboratorio de Sistemas de Manufactura y docente de tiempo completo del Instituto Tecnológico de Tapachula.

<sup>4</sup> Karla Hernández Fernández es egresada de la carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Tapachula.

nuevos y consistentes espacios al consumo, hoy por el 75 % cubierto por la importación de los países del este, en los cuales, estacionalmente tiene lugar la recogida natural. Existen por tanto los presupuestos económicos y técnicos para que los criaderos se desarrollen; sin embargo es indispensable seguir un camino de carácter fuertemente técnico en la preparación de las instalaciones; sobre todo en lo que se refiere al tema alimentario y genético de la especie que se va a criar. El estudio de la Helicicultura, efectuado por el doctor Roberto María Rossi, en colaboración con la universidad de Perugia, y otros entes públicos nació con pruebas prácticas y estudios científicos en relación a este nuevo emprendimiento se comenzó a probar la adaptabilidad al sistema cerrado de los moluscos Hélix haciendo criaderos en el terreno, utilizando las especies que vivían en la naturaleza; se experimentaron sistemas de cría, uniendo y confrontando los numerosos datos que provenían de la experiencia de muchos criaderos improvisados en toda Italia, que, para obtener la rentabilidad esperada, era necesario estudiar a fondo y resolver los problemas alimentarios y el ciclo reproductivo de las 3 especies más comercializadas. Los años 80 han visto consolidar esta inicial tendencia y año tras año, han crecido los conocimientos biológicos y las capacidades zootécnicas del Hélix, se han efectuado secciones en los criaderos para obtener especies siempre más reproductivas y precoces en el crecimiento evitando retrasos y dañosos fenómenos de enanismo. Particulares estudios y pruebas han ido refinándose sobre la alimentación y sobre la elección de hierbas de fácil arraigo y cultivación en los recintos, en grado de asegurar un alimento válido, de gusto delicado en las carnes. (WALLACH R., 2005)

Se ha detectado que existe una demanda anual de 1530 toneladas a nivel mundial de este molusco. Actualmente los mayores consumidores de este molusco son: España, con importaciones de más de 10,000 toneladas anuales, Francia con 2,500 toneladas por año e Italia con 1,200 toneladas por año. El excesivo consumo de caracoles que se tiene en estos países ha provocado una sobreexplotación de estos animales lo que ocasiona que esta especie se encuentre en peligro de extinción, y por ende se recolecte de manera descontrolada y silvestre.

Es por lo mencionado anteriormente que se opta por criar a estos moluscos de manera que las condiciones necesarias puedan efectuarse en un espacio cerrado, abierto o ambos. En lo que respecta al excremento que este molusco deshecha podemos decir que se utiliza para realizar compostas y así utilizarlo para fines de agricultura, debido a lo anterior la investigación plantea como objetivo Implementar un criadero de caracoles Hélix Aspersa Muller en Unión Juárez Chiapas, por sus condiciones climáticas favorables a dicha especie. (MIOULANE, P. 2010).

### **Descripción del Método**

La metodología empleada para la investigación se basa en la tipología de un proyecto de inversión, donde se llevó a cabo en primera instancia en Estudio de Mercado, para analizar la oferta, demanda, competidores, precios, distribución entre otros aspectos. Posteriormente un Estudio Técnico que para el caso de éste proyecto

La investigación parte del supuesto de que los caracoles se adaptarán a las condiciones climáticas (temperatura y humedad) de Unión Juárez, Chiapas, municipio que se ubica en la región económica 'X Soconusco', limita al norte, al este y al sur con la República de Guatemala; y al oeste con Cacahoatán. Los climas existentes en el municipio son: (A)C(m)(w) semicálido húmedo con lluvias en verano que abarca el 49.22% de la superficie municipal; Am(f) cálido húmedo con lluvias en verano, el 37.15%; C(m)(w) templado húmedo con lluvias en verano, el 12.35% y el 1.28% de C(E)(m)(w), semifrío húmedo con lluvias en verano. En los meses de mayo a octubre, la temperatura mínima promedio va desde menos de 3°C hasta 21°C, mientras que la máxima promedio oscila desde menos de 15°C hasta 33°C En el periodo de noviembre - abril, la temperatura mínima promedio va desde menos de 3°C hasta 18°C, y la máxima promedio fluctúa entre 18°C hasta 33°C. Las coordenadas de la cabecera municipal son: 15° 03' 35" de latitud norte y 92° 04' 53" de longitud oeste y se ubica a una altitud de 1,248 metros sobre el nivel del mar. Se le da una gran importancia a la cuestión medioambiental porque es la principal afectación para el desarrollo y reproducción de la especie.

### **Descripción del proceso productivo**

La producción se va a limitar por el ciclo biológico de reproducción de los caracoles por lo tanto para determinar la capacidad instalada se debe de considerar que por cada caracol solo se consiguen crías 3 veces al año obteniendo un promedio de 50 huevos por cada puesta. Para la obtención de nuestro producto final será necesario contar con dos fases: a) Crianza, b) Procesado.

La fase de crianza consiste simplemente en obtener nuestra materia prima, carne de caracol, comenzando desde la obtención de los huevecillos hasta su crecimiento y engorde para que cumplan con las especificaciones requeridas. La segunda fase, comprende una serie de operaciones, es el procesamiento de los caracoles para finalmente obtener nuestro producto final, carne de caracol precocida. La Crianza está conformada por las siguientes áreas: a) Reproducción b) Incubación y crecimiento c) Engorde y d) Reproducción .

Tomando en cuenta la cantidad de caracoles con la que se dio inicio 100 caracoles, lo cual sería el 10% de nuestra capacidad instalada, teniendo en consideración que estos moluscos se adquirieron ya en su etapa adulta, por observaciones hechas anteriormente, sabemos que el 100% de estos moluscos no se aparean al mismo tiempo, por ende, se toma el 50% de la capacidad para determinar los que se van a aparear. Por las condiciones de clima, humedad, enfermedades (parásitos) se estima un 12% de mortandad. Es decir, que únicamente del 50% de la capacidad que son 50 moluscos, 44 caracoles quedarían como reproductores o como matrices para iniciar nuestro proceso. Traduciendo esto a kilogramos netos, tendríamos 88 kilogramos de pulpa de caracol al mes a 100% de capacidad instalada.

La prueba piloto fue realizada con 100 moluscos albergados en cajas de 1 metro de alto x 2 metros de largo hechas de madera de 1" de grosor, forradas de malla mosquitera, esto para que la humedad pueda entrar al interior de la caja y a su vez también para que los depredadores no puedan entrar, en cada una de estas cajas se pretende albergar 700 animales (2.200 kg de pulpa de caracol) esto con el fin de que no exista una sobrepoblación y los animales puedan alimentarse y reproducirse correctamente. Se controlaron las variables como: la humedad, temperatura e iluminación; podremos regular las características de los moluscos, consiguiendo una reproducción con mayor frecuencia, acelerar el crecimiento de las crías y mantener una reproducción constante a lo largo del año sin importar el clima o la temporada. Dentro de cada caja se ubicaron potes de postura con dimensiones de 20x20 cm cubiertos de tierra limpia. Se realizaron inspecciones de cada pote 4 veces por semana para poder obtener los huevos y pasarlos a la siguiente área. El total de número de espacios definidos para este proceso serán de 6 cajas, por lo tanto el 100% de nuestra capacidad instalada corresponderá a 12600 caracoles reproductores al año. Considerando que la reproducción de estos moluscos es de 3 veces por año. Consecutivamente éstos pasarán a la etapa de reproducción y posteriormente a desovar los huevecillos para finalizar éstos huevecillos pasarán a la última etapa que es la eclosión de las crías.

Dentro del Estudio de mercado efectuado, se realizaron visitas a diferentes lugares del municipio de Tapachula con el fin de ofrecer un producto fresco (caracoles vivos) y hacerles saber que podrán disponer del producto en todas las temporadas del año. Para promocionar el producto y que los posibles clientes se familiaricen con él se pretende hacer un recetario con los distintos tipos de comida que se pueden preparar con este molusco, haciendo hincapié a los platillos mexicanos. La presentación final del producto será modificada de acuerdo al tiempo y exigencias de nuestros clientes ya que de manera inicial se comercializarán caracoles vivos para en una segunda etapa inmediata se comercialice la pulpa, concha y baba, de acuerdo a la factibilidad analizada.

A largo plazo se pretenden realizar 2 productos, (esto planeando que los moluscos se adapten bien al medio ambiente y posteriormente reproducirse), el primer producto que se pretende realizar es "caracol precocido listo para sazonar" y el segundo producto es "gel desvanecedor de manchas" este último con la extracción de la baba de caracol (helicina). El enfoque publicitario estará basado en todos los beneficios que se puedan obtener de la carne de este molusco, dentro del ámbito alimenticio. "alto en proteínas, calcio, minerales, bajo en grasas e ideal para todas aquellas personas que gustan de cuidar su salud".

El estudio económico indica que se requiere una inversión fija de \$283,342.35 que considera los elementos físicos necesarios de infraestructura para la crianza y en su caso procesamiento, así como una inversión diferida por diferentes conceptos de gastos de instalación y puesta en marcha por un monto de 12,800.00, Un capital de trabajo requerido para los primeros 4 meses iniciales hasta la reproducción cercano a \$34,500 hasta obtener la primera camada y posteriormente esto permitirá de acuerdo a un programa de producción obtener camadas e ingresos por ventas en periodos más regulares. El total de la inversión indica un monto de \$331,142.35 con un periodo de recuperación de la inversión de año y medio aproximadamente con tan solo un 10% del segmento del mercado, con un VPN positivo a un periodo de 5 años para efecto de cálculo y una TIR mayor por dos veces la vida útil del proyecto.

### ***Comentarios Finales***

Es indispensable señalar que el producto que se pretende lanzar al mercado es totalmente nuevo y la mayoría de la gente lo desconoce es por esto que se decide optar por este porcentaje de la demanda posible relativamente bajo. Al realizar esta investigación se comprueban que se tienen las condiciones necesarias y aptas para llevar a cabo la adaptación y reproducción de estos moluscos, se optó por determinar el lugar adecuado para establecer el criadero y la planta de producción (Unión Juárez Chiapas). En base a los equipos clave (báscula y envasadora al alto vacío) se llegaron a elaborar 15 kg a la semana de pulpa precocida de caracol, elaborando 1 lote por semana de 15 bolsas de 1 kg, en un turno de 8 horas y laborando de lunes a sábado. Se contará con un proceso de producción flexible debido a

que si es necesario se puede incrementar la capacidad instalada a partir del aumento del número de caracoles en reproducción lo cual implicaría mayores costos de inversión.

### **Conclusiones**

Al concluir la investigación se ha determinado la factibilidad de la crianza de este tipo de molusco bajo condiciones naturales climáticas, controlando alimentación y humedad. La eclosión fue altamente productiva en la prueba piloto de 100 animales, lo que permite estimar un comportamiento similar para camadas de 1000 unidades con el objetivo de comercializar su carne. Al obtener la factibilidad de producción e investigar previamente la demanda existente, se determina el capital necesario para efectuar el proyecto de inversión determinando niveles de rentabilidad aceptables con tasas de retorno muy por encima del mercado.

El proyecto resulta en una excelente opción de inversión para los habitantes de ésta zona, inclusive la inversión puede reducirse drásticamente si se lleva a cabo en los patios traseros de las viviendas de personas con bajos recursos, eliminando la inversión en el terreno.

### **Recomendaciones:**

Es altamente recomendable realizar la puesta en marcha del proyecto de inversión con un calendario programado que permita la incorporación paulatina de diferentes tamaños de camadas para que las condiciones de sanidad no se vean afectadas y no sean un factor de riesgo a la población en reproducción. Además se deberá ir trabajando a la par con una política de apertura de mercado local y regional que facilite su incursión en el gusto del consumidor, de inicio en establecimientos gourmet hasta obtener una penetración del mercado que resulte aceptable para los niveles de ingresos proyectados en el estudio financiero.

Es altamente recomendable que se acceda a los fondos de proyectos sociales que el gobierno federal a través de SEDESOL o SAGARPA oferta, para que el pequeño inversionista no se descapitalice y que la falta de recursos no sea una limitante.

### **Referencias**

- BARRIER, J. 1980. Como ganar dinero con la crianza del caracol. Barcelona, España. p. 15 -18, 49 - 60.
- BERRÚ, M.; LÓPEZ, M. 2000. Proyecto de crianza y comercialización de caracol comestible destinado al mercado francés. Quito, Ecuador. Universidad de las Américas. p. 18 - 19, 27, 33, 38.
- IBH. (2000). Sistemas de manejo técnico del caracol. Sao Paulo, Brasil.
- ITT (2014). Informe Técnico proyecto “La crianza de caracoles Hélix Aspersa Muller como alternativa de inversión en el Soconusco”.
- CALDERÓN, E.; MOLINA, O.; SÁNCHEZ, N. (1999). Manual de helicultura, cría del caracol “Hélix Aspersa”. Fundación Universitaria de Colombia UNIAGRARIA. Bogotá, Colombia. p. 24-31, 35 –39.
- FONTANILLA, J. (2009). El caracol, biología, patología y helicultura. Madrid, España. 83 p.
- HERNANDEZ Sampieri, R. (2012) Metodología de la Investigación, México, D.F. Editorial Mc Graw Hill.
- JONES and Bouilding (1999). Caracoles Hélix Aspersa. Edit. Centroamericana.
- MIOULANE, P. (2010). Los caracoles, cría moderna y rentable. Barcelona, Editorial Person.
- WALLACH R. (2005). Cría de caracoles terrestres. Edit. Diana.

# Sistema Experto Difuso por bloques tipo Mamdani aplicado en el diagnóstico de fallas

Ing. Daniel Hernández Mendieta<sup>1</sup>, Dr. Perfecto Malaquías Quintero<sup>2</sup>,  
M. C. Crisanto Tenopala Hernández<sup>3</sup> y Dr. José Federico Casco Vásquez<sup>4</sup>

**Resumen**—En este trabajo se presentan los resultados de tres Sistemas Expertos Difusos de diferentes sistemas de un equipo industrial los cuales interactúan en base a un cuarto Sistema Experto el cual arrojará diagnósticos de la falla basados en la base del conocimiento creada por el personal experto, los Sistemas Expertos son de tipo Mamdani, y se dividen en 3 para evitar la creación de reglas excesivas. La importancia de crear un Sistema Experto para el diagnóstico de fallas radica en minimizar el tiempo empleado en la reparación y por tanto el tiempo de inactividad del equipo. La implementación arroja resultados favorables ya que al emplearse en situaciones reales el diagnóstico es en un 90% certero. Se concluye que los Sistemas Expertos son ampliamente usados pero que la efectividad de los mismos dependerá de la calidad de la información de su base de conocimiento.

**Palabras clave**—Sistema Experto Difuso, Diagnostico, Falla, Mantenimiento Correctivo.

## Introducción

La inteligencia artificial comenzó como resultado de la investigación en psicología cognitiva y lógica matemática. Se ha enfocado sobre la explicación del trabajo mental y la construcción de algoritmos de solución a problemas de propósito general. Punto de vista que favorece la abstracción y la generalidad. La inteligencia artificial es una combinación de la ciencia de las computadoras, la biología, la fisiología y la filosofía, tan general y amplio como eso, es que reúne varios campos, todos los cuales tienen en común la creación de máquinas que puedan “pensar”.

Los métodos usados para fijar la política de mantenimiento son insuficientes, por sí mismos, para asegurar la mejora continua en mantenimiento. Será la experiencia quién nos mostrará desviaciones respecto a los resultados previstos. Por tal motivo se impone establecer una estrategia que, además de corregir las citadas desviaciones, asegure que todos los involucrados en el proceso de mantenimiento se impliquen en la mejora continua del mismo (Ranganath 2007), las averías tienen un costo económico muy elevado para la industria, las aplicaciones de software avanzadas basadas en los sistemas expertos tienen el potencial de ayudar a los ingenieros en la vigilancia, detección y diagnóstico de las condiciones anormales (Cen Nan 2008), por tanto proporcionar información para la toma de decisiones ante estas condiciones de proceso inesperadas (L.M. Bartlett, 2009).

Los problemas en donde la solución depende de la experiencia asimilada por un experto es bastante común en la tecnología, tanto a lo que se refiere a los procesos de análisis de diseño y de fabricación como en lo relacionado con la gestión planeación y toma de decisiones (Rosano 2003).. En este trabajo se propone un método de diagnóstico de fallos basado en el conocimiento de los expertos y operadores, dicho método se modela mediante un Sistema Experto Difuso (S E D) y es aplicado en la toma de decisiones en el mantenimiento correctivo.

<sup>1</sup> El Ing. Daniel Hernández Mendieta es alumno de la Maestría en Ingeniería Administrativa del Instituto Tecnológico de Apizaco, Apizaco, Tlaxcala. [daniel\\_hernandez\\_m@outlook.com](mailto:daniel_hernandez_m@outlook.com) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> El Dr. Perfecto Malaquías Quintero es Profesor de la Maestría en computación del Instituto Tecnológico de Apizaco, Apizaco, Tlaxcala. [kmalakof@yahoo.fr](mailto:kmalakof@yahoo.fr)

<sup>3</sup> El M. C. Crisanto Tenopala Hernández es profesor de la Maestría en Ingeniería Administrativa del Instituto Tecnológico de Apizaco, Apizaco, Tlaxcala. [cristenopala@gmail.com](mailto:cristenopala@gmail.com)

<sup>4</sup> Dr. José Federico Casco Vásquez es profesor de la Maestría en Ingeniería Administrativa del Instituto Tecnológico de Apizaco, Apizaco, Tlaxcala. [jfcasco2001@gmail.com](mailto:jfcasco2001@gmail.com)

### Descripción del Método

La metodología propuesta se muestra en la figura 1 en donde se observa que está estructurada en 10 fases principales en donde las primeras 6 fases se enfocan en la extracción de la información necesaria de los expertos humanos y las otras 4 se enfocan en el modelado y pruebas del sistema experto difuso, al final del sistema se busca obtener un diagnóstico del fallo presentado, para apoyar a la toma de decisiones y agilizar la reparación del fallo disminuyendo el tiempo perdido.

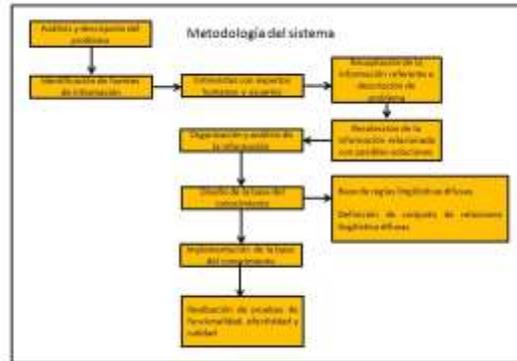


Figura 1. Metodología de desarrollo del Sistema Experto Difuso

En el trabajo previo se realizaron 3 sistemas expertos enfocados a cada tipo de rechazo aplicando la metodología anteriormente mostrada en la figura 1, en este trabajo se crea un nuevo sistema experto el cual procesara la información de los 3 sistemas expertos para obtener una salida la cual nos oriente hacia el diagnóstico correcto de una falla el modelado se prueba en la Shell Fis Pro como se muestra en la figura 2.

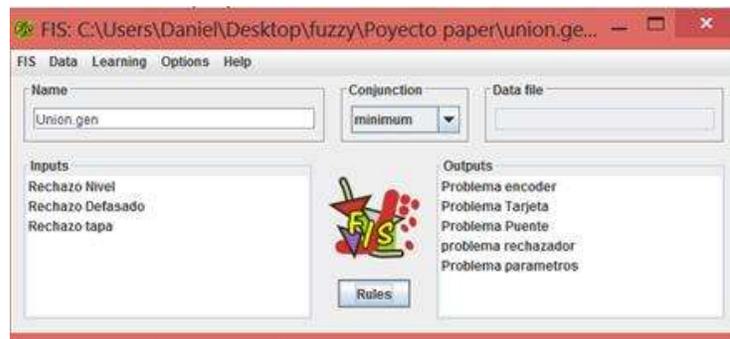


Figura 2. Sistema Experto unión.

En este sistema se analiza la información de los tres sistemas y se obtendrán 5 salidas con la ponderación más probable de la falla dependiendo de los datos de las variables de entrada, las salidas se definieron en base al conocimiento de los expertos ya que las modeladas son las más comunes en el equipo, por ellos se incluyen en el sistema, las cuales son “Problema encoder”, “Problema Tarjeta”, “Problema Puente”, “Problema rechazador” y “Problema Parámetros”

### Diseño del sistema

La arquitectura general del modelo difuso fue tipo Mamdani debido a que es más fácil el modelado bajo este esquema, las reglas difusas se modelan bajo la función de pertenencia triangular.

Dónde:

El universo de discurso  $U$  el subconjunto difuso  $A$  de  $U$  es definido como una función de membresía  $\mu_A(x)$  que asigna a cada elemento  $x$  en  $U$  para un número real en el intervalo  $[0, 1]$ . El valor de la función  $\mu_A(x)$  denotan los grados de pertenencia de  $x$  en  $A$ . Cuanto mayor sea el valor de  $\mu_A(x)$  más fuerte es el grado de pertenencia para  $x$  en  $U$  (Chatterjee, Sutradhar, & B, 2008)

Los grados de pertenencia pueden ser determinados usando la función de pertenencia triangular la cual asume que  $A = A(a^L, a^C, a^R)$  es un numero triangular donde  $a^L, a^C$  y  $a^R$  denotan los limites bajos el centro y el limite alto de  $A$  respectivamente (Ramirez & V., 2008). El grado de pertenencia de  $A$  está determinada por la ecuación 1.

$$\mu_A(x) \begin{cases} 0 & \text{de otra manera} \\ \left(\frac{x - a^L}{a^C - a^L}\right) & \text{Para } a^L < x < a^C \\ \left(\frac{a^R - x}{a^R - a^C}\right) & \text{Para } a^C < x < a^R \end{cases}$$

Ecuación 1. Función de pertenencia triangular.

La herramienta Fis Pro permito definir los resultados del modelamiento del sistema experto mediante las diferentes ventanas de la Shell que presenta en la figura 3 se muestran los gráficos correspondientes a las entradas difusas Rechazo Nivel, Rechazo Tapa y Rechazo Desfasamiento.

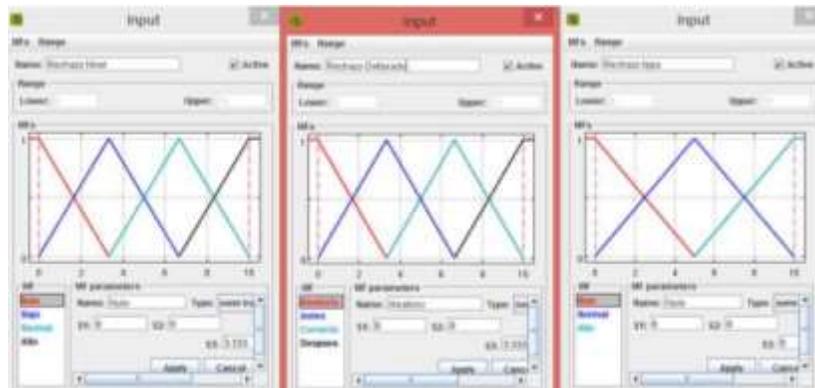


Figura 3. Entradas del Sistema Experto Unión.

### Creación de la base del conocimiento

En la figura 4 se muestra la estructura general de todo el sistema en donde los tres sistemas están unidos por un cuarto sistema llamado “Sistema Experto Unión” en cual recopila la información analizada por las sistemas anteriores y la procesa nuevamente para así obtener una salida la cual ofrece una ponderación de las fallas principales.

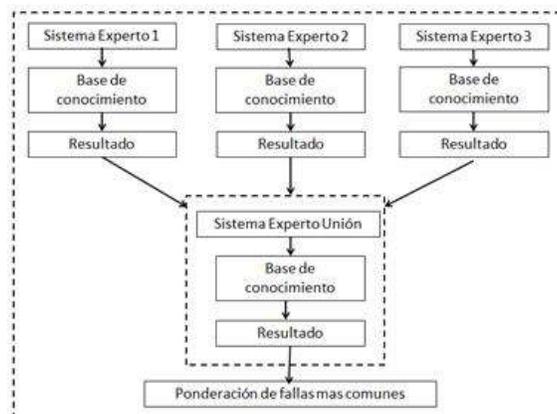


Figura 4. Estructura general del sistema

El Sistema Experto Difuso de rechazo contiene las variables lingüísticas así como datos numéricos de las salidas las cuales son mostradas en la tabla 1.

Sistema Difuso	Variable Lingüística	Conjunto difuso	Universo de discurso
Unión	Rechazo nivel	Bajo, Correcto, Alto	0 – 10
	Rechazo Tapa	Bajas Normales, Altas	0 – 10
	Rechazo desfasado	Cerrado, Semi, Abierto	0 – 10
			0 – 10
	Problema encoder		0-1
	Problema tarjeta		0-1
	Problema rechazador		0-1
	Problema puente		0-1
	Problema parámetros		0-1

Tabla 1 Declaración de variables lingüísticas con sus elementos

Ya definidas las variables lingüísticas de entrada y de salida, los conjuntos difusos de cada variable y el universo de discurso, se crean las reglas para cada sistema, bajo la arquitectura mamdani la estructura de la regla será:

Si X es A Entonces Z es B

Donde tanto X como Z son variables lingüísticas y A y B son conjuntos difusos, y se divide en dos partes, la función de pertenencia antecedente resultante y la función de pertenencia consecuente (Brío & Molina, 2002), pero para la obtención de valores numéricos a la salida se realiza una desfusificación de tipo Sugeno, de esta manera obtenemos un valor numérico de 0 a 1 para poder realizar la ponderación de las fallas dependiendo de las entradas de la expresión anterior y de las variables lingüísticas del sistema se derivan 48 reglas las cuales son analizadas, en este paso se crearon 5 salidas diferentes con un nivel de ponderación de 0 a 1 esto con el fin de que dependiendo de los datos de entrada será la posibilidad de falla el valor cercano a 1 y de 0 la posibilidad de que no exista una falla por ello las salidas ya no arrojaran un valor difuso.

De la relación de entradas y salidas el sistema arroja un total de 48 reglas difusas las cuales son analizadas por los expertos para determinar la ponderación de relación con las fallas determinadas algunas reglas se muestran en la figura 5, en donde se observa que dependiendo de los datos de entrada el sistema activara las diferentes reglas previamente ponderadas por los expertos.

12	<input checked="" type="checkbox"/>	Nulo	Después	Alto	0.4	0.1	0.9	0.7	1
13	<input checked="" type="checkbox"/>	Bajo	Aleatorio	Nulo	1	0.8	0.6	0.2	0.2
14	<input checked="" type="checkbox"/>	Bajo	Aleatorio	Normal	1	0.8	0.9	0.3	0.2
15	<input checked="" type="checkbox"/>	Bajo	Aleatorio	Alto	1	0.7	0.8	0.1	0.4
16	<input checked="" type="checkbox"/>	Bajo	Antes	Nulo	0.5	0.1	1	0.4	0.7
17	<input checked="" type="checkbox"/>	Bajo	Antes	Normal	0.5	0.1	1	0.1	0.6
18	<input checked="" type="checkbox"/>	Bajo	Antes	Alto	0.5	0.1	0.9	0.1	0.8
19	<input checked="" type="checkbox"/>	Bajo	Correcto	Nulo	0	0.3	1	0.2	0.5
20	<input checked="" type="checkbox"/>	Bajo	Correcto	Normal	0	0.1	1	0.1	0.8
21	<input checked="" type="checkbox"/>	Bajo	Correcto	Alto	0	0.2	1	0.1	0.7

Figura 5. Reglas difusas de Sistema Unión.

Se continua con la realización de las pruebas del sistema para verificar su eficacia para ello se realiza la inferencia entre las reglas y se colocaron los datos de las variables en Fis-Pro, en la figura 6 se muestra la pantalla de salida de la inferencia en donde indica que al tener un rechazo por nivel normal, además un rechazo por tapa normal y un rechazo desfasado correcto/antes entonces la salida del sistema experto arroja que se activan las ponderaciones más altas de las salidas de Problema Parámetros y Problema encoder con valores de 0.631 y 0.413 respectivamente, de esta manera indica el sistema que al tener estas condiciones de entrada o mejor llamados síntomas de funcionamiento entonces lo que se tiene que revisar inicialmente son los parámetros de la distancia del rechazo y que después se revise el encoder por un probable daño del componente.

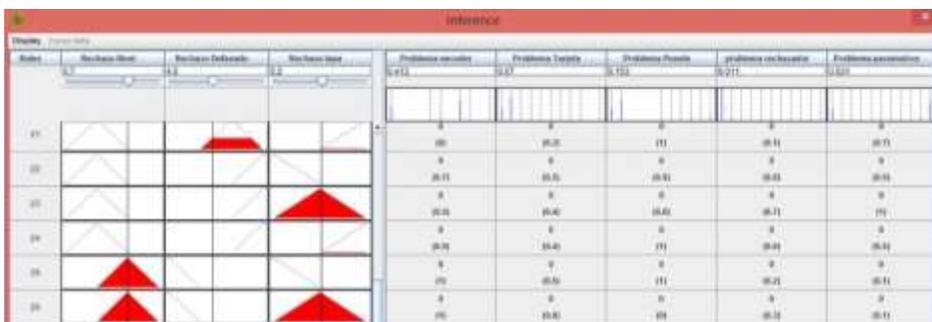


Figura 6. Reglas difusas implementadas en Fis-Pro

### Comentarios finales

#### Resultados.

Se realiza una corrida de 12 pruebas comparando el diagnóstico del sistema experto contra el del personal experto, los resultados se muestran en la tabla 1.

Los resultados de la tabla se contrastan con el funcionamiento del equipo rechazador simulando diferentes condiciones de operación obteniendo resultados muy parecidos a los obtenidos por el Sistema Experto Difuso propuesto.

En la figura 7 se observan los resultados contrastados con el experto humano, de las 12 pruebas solo en 2 de ellas el sistema no fue capaz de diagnosticar el lugar del problema sin embargo como segundo punto de ponderación acertó con el problema real detectado por el experto, se muestra la ponderación en orden tomando en cuenta que los números cercanos al cero significan que es poco probable que la falla se presente y al 1 significa que la falla es muy probable que se presente, en la primer prueba se observa que como todas las variables de entrada se encuentran en operación correcta en las salidas ninguna se acerca al 1 ya que indica que el equipo opera de forma correcta.

Entradas del Sistema Experto						Ponderación de fallas principales					Diagnóstico del Experto
Nivel		Desfasado		Tapa		Encoder	Tarjeta	Puente	Rechazador	Parámetros	
Real	Difuso	Real	Difuso	Real	Difuso						
6.7	Normal	6.7	Correcto	5	Normal	0.013	0.01	0.02	0.017	0.023	No existen fallas en el sistema
6.7	Normal	0	Aleatorio	5	Normal	1	0.799	0.008	0.299	0.101	Falla en encoder
6.7	Normal	4.5	Antes/Correcto	5	Normal	0.45	0.067	0.081	0.004	0.656	Falla en ajuste de parámetro dist. Rechazador
4.3	Bajo	6.7	Correcto	5	Normal	0.013	0.104	0.97	0.113	0.786	Ajuste en altura en puente de inspección
8.9	Alto/Normal	6.7	Correcto	5	Normal	0.013	0.074	0.668	0.146	0.606	Ajuste en altura en puente de inspección
0	Nulo	10	Después	10	Alto	0.4	0.1	0.9	0.7	1	Problema en puente y en parámetros
6.7	Normal	1.1	Aleatorio/Antes	10	Alto	0.833	0.636	0.803	0.232	0.43	Problema en puente de inspeccion
0	Nulo	0	Aleatorio	0	Nulo	1	0.5	0	0	0	Falla en encoder
4.1	Bajo/Normal	6.7	Correcto	0	Nulo	0.012	0.304	0.997	0.118	0.594	Problema en puente de inspección
3.3	Bajo	8.6	Correc./Desp.	7.1	Normal/Alto	0.227	0.284	0.937	0.404	0.774	Daño en sensor detector de producto en puente
3.3	Bajo	6.7	Correcto	7.1	Normal/Alto	0.018	0.149	0.995	0.123	0.763	Ajuste de altura de puente y ajuste de parámetros
4	Bajo/Normal	6	Antes/Correcto	5.5	Normal/Alto	0.189	0.094	0.772	0.072	0.694	Problema en altura de puente y parámetro de dist.
7.3	Normal/Alto	2.1	Aleatorio/Antes	6.1	Normal/Alto	0.769	0.462	0.491	0.151	0.586	Problema en parametros y Fallo en sensor detector en puente
7.3	Normal/Alto	6.8	Correc./Desp.	4.2	Nulo/Normal	0.062	0.137	0.404	0.153	0.369	Problema en altura y sensor detector en puente

Figura 7. Resultado de la implementación del modelo en Fis-Pro

En la prueba 2 se muestra una ponderación de 1 en falla encoder lo que muestra que el problema definitivamente se encuentra en el encoder sin embargo en la prueba 5 se observa que la ponderación está muy cercana entre falla puente y falla parámetro ya que ambas tienen la posibilidad de estar teniendo problemas se observa que la de mayor ponderación es la que resulta la correcta.

El valor que asigna el experto será el nivel de importancia al buscar en donde se encuentra la falla lo que indica que se debe de comenzar la búsqueda de la falla a partir del valor mayor hacia el menor.

#### *Conclusiones.*

El modelado del sistema experto arrojó resultados favorables ya que de las 12 pruebas solo en 2 no acertó correctamente, lo que indica que el modelo empleado puede ser utilizado para la búsqueda de fallas en equipos industriales, los resultados del sistema experto dependerán directamente de la calidad de la información de la base del conocimiento.

#### *Recomendaciones.*

Es muy importante tener precaución al momento de definir las variables lingüísticas, sus conjuntos y los universos de discurso ya que es la estructura de como funcionara la lógica del sistema, y al realizar el análisis de la información sea en conjunto a un equipo multidisciplinario en donde se participen todas las áreas involucradas con los sistemas.

#### *Trabajos futuros.*

Se busca crear un motor de inferencia propio para poder realizar la implementación directamente en la industria buscando replicar el modelo e implementarlo en diferentes equipos.

### **Referencias**

- Brío, B. M., & Molina, A. S. (2002). *Redes Neuronales y Sistemas Difusos*. Madrid, España: Alfaomega.
- Burak Ozyurt, A. K. (1996). A hybrid hierarchical neural network-fuzzy expert system. *Fuzzy Sets and Systems*, 11-25.
- Cen Nan, F. K. (2008). Real-time fault diagnosis using knowledge-based. *Process safety and environmental protection*, 55-71.
- Chatterjee, D., Sutradhar, G., & B, & O. (2008). Fuzzy rule-based prediction of hardness for sintered HSS components. *Journal of Materials Processing Technology*, , 212-220.
- Duran, J. B. (2003). Nuevas Tendencias del Mantenimiento en la Industria Eléctrica. *SIMCE-CIER*.
- L.M. Bartlett, E. E. (2009). Integrated system fault diagnosis utilizing digraph and fault. *Reliability Engineering and System Safety*, 1107-1115.
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Soporte CIA LTDA.
- Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. (2004). *Guía Metodológica Para la Sistematización de Experiencias*. Honduras: FAO.
- Rafael, L. B. (2004). *Bioinformática, Simulación, Vida Artificial e Inteligencia Artificial*. Madrid España: Díaz de Santos.
- Ramírez, E. M., & V., M. R. (2008). On the parameter optimization of fuzzy inference systems. *International Journal of Computational Intelligence*.
- Ranganath Kothamasu, S. H. (2007). Adaptive Mamdani fuzzy model for condition-based maintenance. *Fuzzy Sets and Systems*, 2715 – 2733.
- Rosano, F. L. (s.f.). *Posgrados UNAM*. Recuperado el 02 de Mayo de 2014, de [http://www.posgrado.unam.mx/publicaciones/ant\\_omnia/25/03.pdf](http://www.posgrado.unam.mx/publicaciones/ant_omnia/25/03.pdf)
- Wolfram, A. F. (2001). Component-based multi-model approach for fault detection and diagnosis of a centrifugal pump. *Proc Am Control Conf*, 4443-4448.

# **Análisis comparativo entre las marcas de computadoras Acer, Hp, Toshiba**

Vianey Guadalupe Hernández Pérez<sup>1</sup>, Erika Velázquez Guillén<sup>2</sup>, José Orlando López Sánchez<sup>3</sup>, Juan Alberto Gómez de León,<sup>4</sup> Miguel Ángel Morales Montoya<sup>5</sup>

Resumen- Se presentan los resultados que se obtuvieron de la investigación realizada con el objetivo de determinar que marca de computadora es mejor desde sus características y para esto se realizó un análisis comparativo entre las marcas ACER, HP y TOSHIBA considerando el Sistema Operativo, Procesador, Pantalla, Tarjeta Gráfica, Memoria RAM.

Palabras Clave. –Sistema Operativo, Procesador, Pantalla, Tarjeta Gráfica y Memoria RAM

## **Introducción**

Se abordan las características por las cuales los alumnos del instituto tecnológico de Comitán de las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería en Tecnologías de la información y Comunicaciones y los docentes prefieren los equipos de cómputo ACER, TOSHIBA y HP de acuerdo a las diferentes características.

Al elegir un equipo de cómputo lo que se busca es que la capacidad de almacenamiento sea adecuada y acorde a la función que se le quiere dar al equipo de cómputo.

La resolución que tiene la pantalla también es una característica que se requiere para el diseño, un aspecto importante es el precio.

Las características de los equipos de cómputo deberían ser seleccionadas de acuerdo a las necesidades de los usuarios, entre las computadoras más comerciales en el mercado están Acer, Toshiba y HP. Que se pueden diferenciar en precio, resolución y capacidad.

Todos los equipos de cómputo tienen una característica que los distingue y los hace ser mejores frente a otros.

## **Contenido**

### **Historia de Acer**

La compañía Taiwanesa de equipos informáticos Acer tiene 39 años de historia y en el año 2009 se lanzaron al competitivo mercado de los teléfonos celulares, presentando el teléfono móvil Acer, el Acer DX 900.

En 1976 Stan Shih, Carolyn Yeh, George Huang y Fred Lee fundan Multitech, precursora de la compañía Acer que conocemos hoy e impulsora de la industria informática en Taiwan.

---

<sup>1</sup> Vianey Guadalupe Hernández Pérez, Alumna de la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Instituto Tecnológico de Comitán (Autor Corresponsal [BalandraITC2012@hotmail.com](mailto:BalandraITC2012@hotmail.com))

<sup>2</sup> Erika Velázquez Guillén, Alumna de la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Instituto Tecnológico de Comitán

<sup>3</sup> José Orlando López Sánchez, Alumno de la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Instituto Tecnológico de Comitán

<sup>4</sup> Juan Alberto Gómez de León, Alumno de la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Instituto Tecnológico de Comitán

<sup>5</sup> Miguel Ángel Morales Montoya, Alumno de la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Instituto Tecnológico de Comitán

En 1981 Multitech presentó Micro-Procesador, un microordenador de bajo coste de pequeño a un precio inferior a 100 dólares americanos, que venía a cubrir la creciente demanda de ordenadores personales menos voluminosos que los que había hasta la época. El Micro-Procesador fue el primer gran éxito de Acer.

En 1987 Multitech cambió su nombre por el de Acer. En su origen latín 'Acer' significa enérgico y agresivo. En 1991 la compañía da un giro estratégico potenciando su competencia corporativa que le permitirá disponer de una base sólida en el futuro para operaciones sostenibles.

A partir del año 2001 Acer instaure una política agresiva que le permite posicionarse en mercados con mucha demanda como China, India y los Estados Unidos. En el año 2002 nacen Acer Europa, Oriente Medio y Acer Sudáfrica. En ese año Acer ya tenía representación en todos los países de Europa Occidental y en los principales de Europa Oriental. (Pérez, 2009)

## Historia de HP

Cuando Hewlett Packard (HP) comenzó en 1939, el primer producto de la compañía fue de un dispositivo de prueba de sonido. Construyó su primera computadora en 1966, pero no fue hasta 1980 que la primera computadora personal (PC) de HP llegó al mercado.

En 1968, HP presentó la HP 9100A, la primera calculadora científica de escritorio del mundo. Aunque no es una computadora para los estándares de hoy en día, la calculadora inspiró el primer uso documentado de la frase "computadora personal".

Hewlett Packard presentó su primer PC, la HP-85, en 1980. La computadora venía con entre 16 y 32 KB de memoria de acceso aleatorio (RAM), una unidad de cinta y un monitor en blanco y negro incorporado. En 1983, HP lanzó su primera PC de pantalla táctil con el modelo HP-150.

La HP-110, la primera PC portátil de Hewlett Packard, salió al mercado en 1984. El equipo venía con un procesador de 16 bits, 272 KB de RAM y el software HP Personal Application Manager.

PC Pavilion: La década de 1990 trajo la línea HP Pavilion de computadoras personales y de oficina. La primera de la serie, HP Pavilion 5030, vino con un procesador de 75 MHz Pentium, un disco duro de 850 MB y Microsoft Windows 95.

Compaq: Hewlett Packard adquirió Compaq Computer Corporation en 2002, introduciendo la Compaq Tablet PC HP el mismo año. En julio de 2010, Hewlett Packard sostuvo que continuará vendiendo ambas computadoras, HP y Compaq, en el futuro (Gómez, 2011)

## Historia de Toshiba

Es una compañía japonesa dedicada a la manufactura de aparatos eléctricos y electrónicos cuya sede está en Tokio. Ocupa el 7º puesto en la lista de grandes compañías mundiales de su campo. Durante el año comercial 2000-2001 la empresa facturó por 5.951.357 millones de yenes y obtuvo un beneficio neto de 96.168.000.000 de yenes. Trabajaban para Toshiba 188.042 empleados (2001). Toshiba surgió con la fusión de dos empresas en el año 1939. La primera, Tanaka Seizosho (Obras de ingeniería Tanaka), era la empresa de equipos telegráficos más importante de Japón y fue fundada por Hisashige Tanaka en 1875. En 1904, la empresa cambió su nombre por el de Shibaura Seisakusho (Obras de ingeniería Shibaura). A lo largo de la primera mitad del siglo XX, Shibaura Seisakusho se convirtió en el principal fabricante de maquinaria pesada eléctrica, mientras Japón, modernizado durante la Era Meiji, se convertía en una potencia industrial a nivel mundial. La segunda empresa, cuyo primer nombre era Hakunetsusha, se fundó en 1890 y era el principal fabricante de lámparas eléctricas incandescentes de Japón. La empresa amplió su oferta a otros productos eléctricos y ya en 1899 tomó el nombre de Tokyo Denki (Eléctrica de Tokio). La fusión en 1939 de Shibaura Seisakusho y Tokyo Denki creó una nueva empresa llamada Tokyo Shibaura Denki. No tardó mucho en ser conocida con el alias de Toshiba, pero no fue hasta 1978 cuando la empresa cambió su nombre oficialmente por el de Toshiba Corporation. (González, 2014)

## Ventajas y desventajas de las marcas Acer, Toshiba y HP (Hewlett Packard)

### Acer

Acer es una computadora con un precio razonable, aunque no el más barato para comprar. Es una buena opción de medio-de-la-carretera si va a enviar por correo electrónico o navegar por Internet. Este fabricante ofrece ordenadores portátiles y de escritorio, así como las nuevas tabletas que más personas están eligiendo. Lo que solía ser conocido por su bajo precio, pero parece que está tratando de salir de ese molde, ofreciendo modelos con más funciones. Por ejemplo, el [AME600-UR378](#) es un gran escritorio para usuarios individuales regulares y la [E Series Aspire](#) es el portátil ideal para los usuarios promedio. Sin embargo, se tiene sólo la media de servicio al cliente cuando se necesita ayuda.

- ✚ Planteará un sistema abierto al que pueda acceder cualquier fabricante.
- ✚ Plantean comodidad y una experiencia perfecta en Internet.
- ✚ El ordenador se encenderá en sólo ocho segundos e inmediatamente arrancará la conexión WiFi pertinente y, en el caso de los que la incluyan, una conexión móvil 3G.
- ✚ Tiempo encendido entre seis y ocho horas con una única carga.
- ✚ Especial para usuarios que no necesiten instalar ningún programa.
- ✚ Son sistemas más seguros ante virus, más fáciles de actualizar -tanto que Google anima a hacerlo de forma automática-, se pueden compartir al no trabajar de forma local
- ✚ Se mantiene la experiencia e interfaz de uso en cualquier equipo y no se alentarán como un ordenador normal (Ventajas, 2015).

### Toshiba

La laptop es un elemento clave para quienes buscan disfrutar de las ventajas de un espacio de trabajo móvil. La movilidad es seguramente la ventaja más destacable que tienen las PC portátiles sobre los computadores de escritorio (PC). En ese sentido, muchas de las laptops Toshiba que usted encontrará en la actualidad en negocios especializados satisfacen estos requisitos básicos.

Consideremos las laptops, sus ventajas y principales características. Para ello nuestro punto de referencia serán las laptops Toshiba que se pueden conseguir en tiendas especializadas en la actualidad.

Hoy en día, un disco rígido de laptop puede tener tanto espacio como el de una PC. La mayoría de los modelos de discos del mercado ofrecen una capacidad de almacenamiento más que suficiente (más de 60 gigabytes).

El atributo interesante de las laptops, relacionada con la movilidad, es que hoy por hoy estos equipos traen incorporada la conectividad wireless o WiFi. Los equipos menos modernos (que no cuentan con wireless en su diseño original) también pueden tener acceso WiFi (cada vez más difundido gracias a los spots inalámbricos de uso público), merced a la conexión de una tarjeta de red inalámbrica.

Las baterías y los cargadores de las mismas son un tema importante y que se relaciona directamente con la movilidad del usuario, esa ventaja tan preciada que brinda una laptop. Cualquiera que sea la tecnología de las baterías (NiMH, por Nickel-Metal, o Li-Ion, por iones de litio), su duración dependerá de la cantidad de ciclos de carga a la que sean sometidas. Por eso, en el momento de comprar, cuando tengamos que escoger -por ejemplo- entre varias laptops Toshiba, debemos obtener garantías de que nos están entregando baterías nuevas... incluso también, de ser posible, cuando compremos una laptop usada. (Computer, 2014)

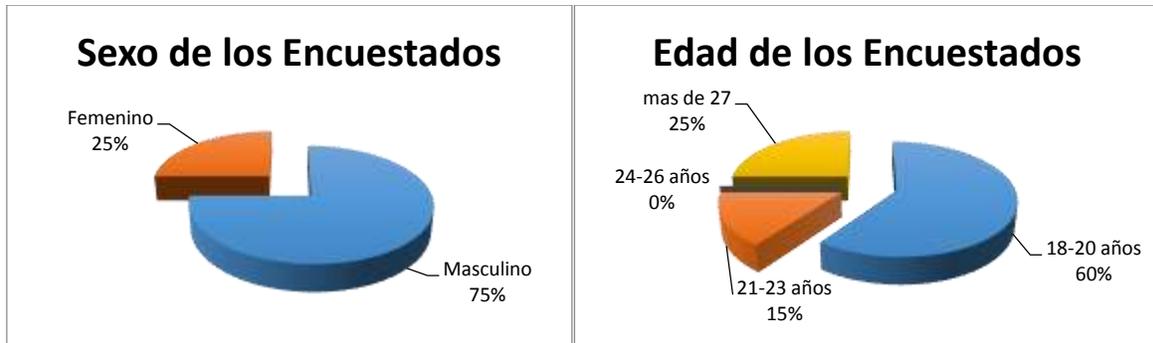
### Hp (Hewlett-Packard)

Esta empresa no ha sido el líder de PCs desde hace algún tiempo y que todavía resulta un gran conjunto de ordenadores portátiles y de sobremesa. Sin embargo, no es la creación de diseños innovadores tanto como otras marcas. Por supuesto, esto puede no ser una mala cosa si quieres un equipo que es familiar y fácil de usar. Dos de la serie, el Envy 15 y 17 años, han sido muy populares entre los usuarios y colaboradores. La compañía ofrece un gran servicio al cliente y productos de alta calidad que duran más de muchas otras marcas. Una gran opción para una computadora de escritorio es la HP Pavilion 500-000t y una buena computadora portátil es la envidia HP TouchSmart.

Los modelos de laptop HP ofrecen una amplia gama de prestaciones para uso profesional o en el hogar. HP ha desarrollado varias líneas de computadoras portátiles que apuntan a satisfacer necesidades diferentes. Conocerlas las ventajas de cada modelo lo ayudará a elegir la laptop más adecuada a su estilo de vida. (Ventajas, 2015)

## Estudio de opiniones entre los encuestados

### Características de la población

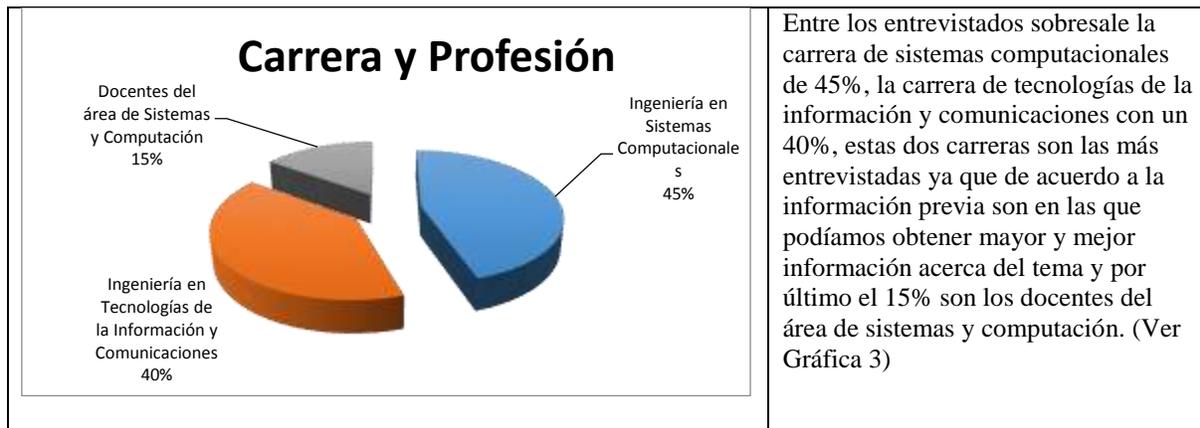


Gráfica 1. Sexo de los encuestados

Gráfica 2. Edad de los encuestados

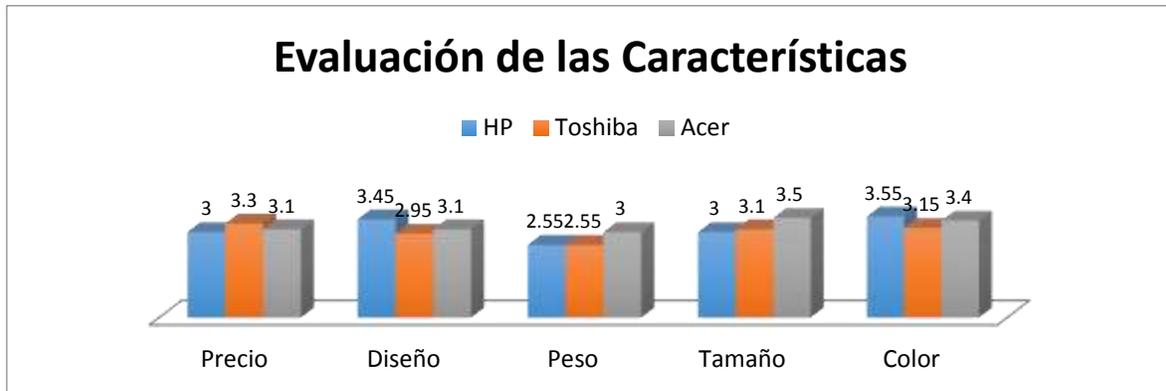
La mayoría de los entrevistados son del sexo masculino con un porcentaje del 75%, mientras que las personas del sexo femenino ocupan el porcentaje restante del 25%. (Ver Gráfica 1)

La edad de los entrevistados varía mucho, el primer lugar lo ocupa el 60% de los entrevistados que son de entre los 18 a 20 años, el 25% mas de 27 años, el 15% de 21 a 23 años mientras que de 24 a 26 años no se encuentra ninguno. (Ver Gráfica 2)



Gráfica 3. Carrera y profesión

### Análisis de Resultados



**Gráfica 4. Evaluación de las características**

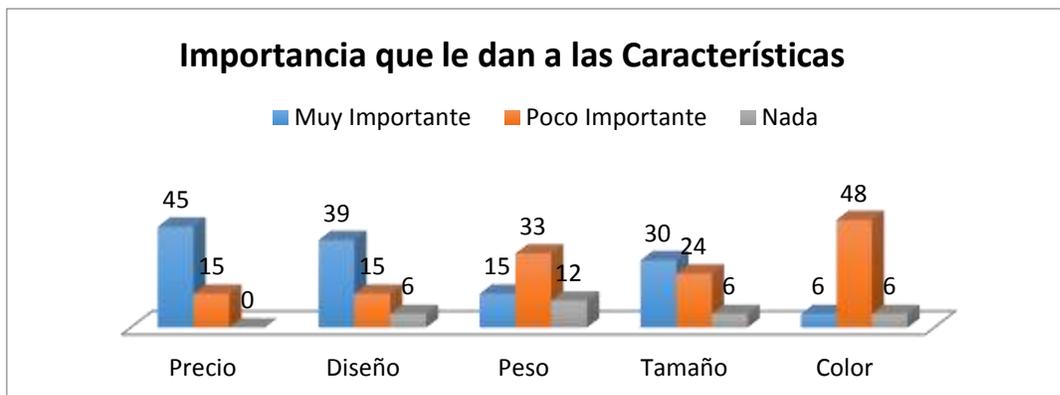
De acuerdo a la investigación realizada, se determinó que la comunidad tecnológica evaluó mejor a la marca HP en cuanto a color y diseño. El precio de la marca Toshiba fue considerado el mejor evaluado, así como el tamaño y peso de la marca Acer. La evaluación de estas características fueron consideradas entre bien y muy bien y algunas como el diseño de Toshiba y el peso de HP y Toshiba fueron consideradas entre regular y bien. (Ver Gráfica 4)



**Gráfica 5. Preferencia de marcas**

Cuando se les cuestionó sobre la ¿qué marca prefieren? el 40% de la comunidad tecnológica determinó que prefieren la marca Acer, el 25% la marca Toshiba y el 35% prefieren HP. (Ver Gráfica 1)

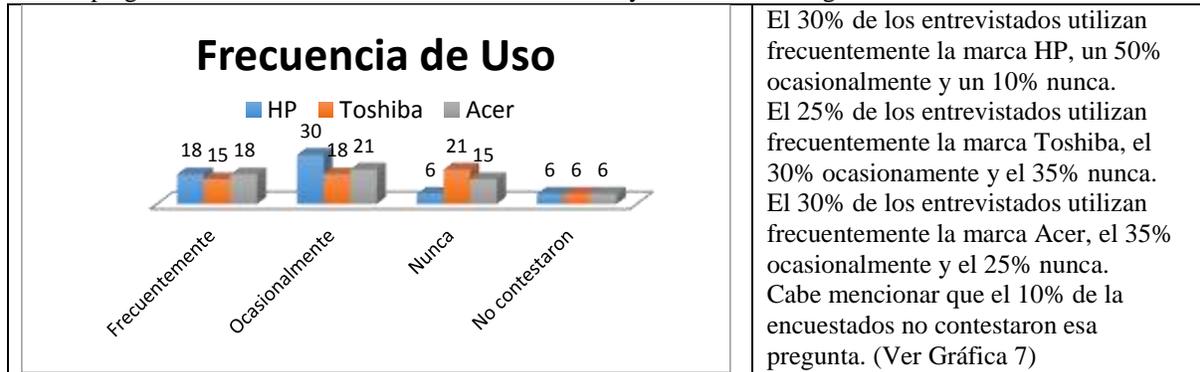
Además se les cuestionó sobre la importancia que le dan a las características.



**Gráfica 6. Importancia que le dan a las características**

Mediante las encuestas aplicadas, la comunidad tecnológica opino sobre las características de cada una: En cuanto a precio el 75% de las personas dijeron que muy importante tomarlo en cuenta y el 25% poco importante; en diseño el 65% de las personas entrevistadas lo consideran muy importante, el 25% poco importante y el 10% nada importante; en peso 25% dijeron que es muy importante, el 55% poco importante y el 20% nada importante; 50% de entrevistados que es muy importante para ellos el tamaño, el 40% poco importante y el 10% nada; y 10% de las personas lo consideran muy importante el color, el 80% poco importante y un 10% nada importante. (Ver Gráfica 6)

Se les preguntó sobre la frecuencia de uso de las mismas y contestaron lo siguiente:



**Gráfica 7. Frecuencia de Uso**

### Conclusión

La marca mejor evaluada desde sus características es Acer, así como la que prefieren más, aunque la que mas se utiliza es la HP, y a pesar de que una de las características de mayor peso es el precio, Toshiba esta mejor evaluado en cuanto a precio, explicando por ello el uso de la misma.

Para elegir un buen equipo de cómputo es necesario saber cuál es la que necesitamos para cada una de nuestras necesidades al elegir Acer su precio es bueno pero su resolución no es tan bueno como Toshiba y HP.

- Toshiba tiene un precio más elevado que Acer.
- Hp tiene un precio más alto que Toshiba.

Cada una tiene su propia utilidad y para ello es necesario saber cada una de sus características recomendaríamos la marca Toshiba por ser la que tiene la mejor resolución y su precio nos es tan elevado como HP.

### Bibliografía

- Computer, (2014, 07 de noviembre). *Características de Toshiba*. Disponible en: <http://www.decompras.com/tecnologia/caracteristica-y-precios-de-laptop-toshiba-satellite/> Fecha de Consulta [2015, 3 de junio]
- Gómez, J. F. (2011, 24 de marzo). *HP Computer*. Disponible en: [http://www.ehowenespanol.com/historia-pc-hp-hechos\\_325165/](http://www.ehowenespanol.com/historia-pc-hp-hechos_325165/) Fecha de Consulta [2015, 3 de junio]
- González, F. D. (2014, 21 de julio). *Toshiba web page computer*. Disponible en: <http://toshiba-ads.blogspot.mx/2007/11/historia-de-toshiba.html> Fecha de Consulta [2015, 3 de junio]
- Pérez, F. (2009, 02 de junio). *Historia de Acer*. Disponible en: <http://www.eshistoria.net/2009/06/acer-33-anos-de-historia.html> Fecha de Consulta [2015, 3 de junio]
- Ventajas. (2015) *Ventajas competitivas*. Disponible en: <http://www.decompras.com/tecnologia/ventajas-competitivas-de-los-diferentes-modelos-de-laptop-hp>. Fecha de Consulta [2015, 3 de junio]

## SISTEMA DE GESTIÓN DE TRAZABILIDAD

MII Ligia Herrera Franco<sup>1</sup>, Dr. Alberto Aguilar Lasserre<sup>2</sup>, Mtro. José Manuel Flores Pérez<sup>3</sup>, MII César Argüelles López<sup>4</sup>, M.C Magno Ángel Gonzales Huerta<sup>5</sup>, MII Constantino Gerardo Moras Sánchez<sup>6</sup>.

**Resumen**---La trazabilidad en la cadena agroindustrial del café, tiene un importante impacto en la calidad y seguridad del mismo, además que es una tendencia mundial del mercado externo. El llevar a cabo la trazabilidad de este producto, representa ventajas competitivas para los productores. En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue diseñar un sistema de gestión de trazabilidad del café procesado dentro de una empresa. Primeramente se definieron las actividades que se realizan para elaborar el producto final, en este caso café verde variedad oro robusta. Para mostrar todas las actividades que se llevan a cabo se realizaron diagramas de cada actividad importante del proceso, desde la cosecha hasta su expedición al cliente final. El sistema de gestión incluye una aplicación web en la cual se muestra la trazabilidad al cliente final, teniendo a la vez la función de mostrar los datos al personal interno de la empresa.

**Palabras clave:** trazabilidad, sistema de gestión, aplicación web.

### INTRODUCCIÓN

El café es una bebida que se consume a diario y cada vez más los consumidores muestran interés en conocer sobre su procedencia, producción y su transformación hasta llegar a ellos. Este interés creciente es una oportunidad para llevar a cabo la trazabilidad en el mundo del café, además que existe la tendencia mundial del mercado externo de un aumento de las exigencias para los productores que exportadores de países de Tercer Mundo, y el café no está exento de cumplir las normativas y requerimientos que han impuesto los países desarrollados<sup>1</sup>.

Desde el punto de vista de la calidad de los productos y tomando en consideración que el café es un producto para el consumo humano, las empresas cafetaleras deben ser capaces de producir productos seguros, donde se utiliza la trazabilidad, que es la capacidad para seguir el desplazamiento de un alimento o alimentos a través de etapas específicas de la producción, transformación y distribución<sup>2</sup>. Es decir, la integración de la cadena agroindustrial del café, desde los productores hasta los exportadores, incorporando las variables de producción que tienen relación con la inocuidad de los alimentos que son hoy un requerimiento del mercado.

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde el punto de vista de los productores y distribuidores de alimentos en nuestro caso el café, la trazabilidad permite identificar el riesgo y aislar los productos afectados sin perjudicar toda su producción, pudiendo proceder a una retirada selectiva de producto en caso de que fuese necesario. Por otra parte, a los consumidores les ofrecerá garantías sobre la calidad de la información que reciben en el etiquetado, así como una mayor tranquilidad en casos de crisis alimentarias.

---

<sup>1</sup> MII. Ligia Herrera Franco es egresada-titulada de la Maestría en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Orizaba [lenaherrera@hotmail.com](mailto:lenaherrera@hotmail.com)

<sup>2</sup> Dr. Alberto Aguilar Lasserre profesor de la Maestría en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Orizaba [aaguilar@itorizaba.edu.mx](mailto:aaguilar@itorizaba.edu.mx)

<sup>3</sup> Mtro. José Manuel Flores Pérez es egresado-titulado de la Maestría de Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Orizaba [jflores@grupomerino.com.mx](mailto:jflores@grupomerino.com.mx)

<sup>4</sup> MII. César Argüelles López es profesor de TSU e Ingeniería en mantenimiento en la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Ver. México [arguelles88@hotmail.com](mailto:arguelles88@hotmail.com)

<sup>5</sup> M.C Magno Ángel Gonzales Huerta profesor de la Maestría en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Orizaba [magnogh@yahoo.com.mx](mailto:magnogh@yahoo.com.mx)

<sup>6</sup> MII Constantino Gerardo Moras Sánchez profesor de la Maestría en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Orizaba [t\\_moras@yahoo.com.mx](mailto:t_moras@yahoo.com.mx)

Para generar un sistema de gestión de trazabilidad se debe seguir la metodología observada en la Figura 1. Desde la generación del diagnóstico hasta el uso de los registros se muestra en el Manual de Trazabilidad elaborado para esta empresa, en el cual una de la principal información a recolectar es una base de datos de los productores con origen geográfico, para finalmente mostrar el uso del sistema de gestión propuesto.

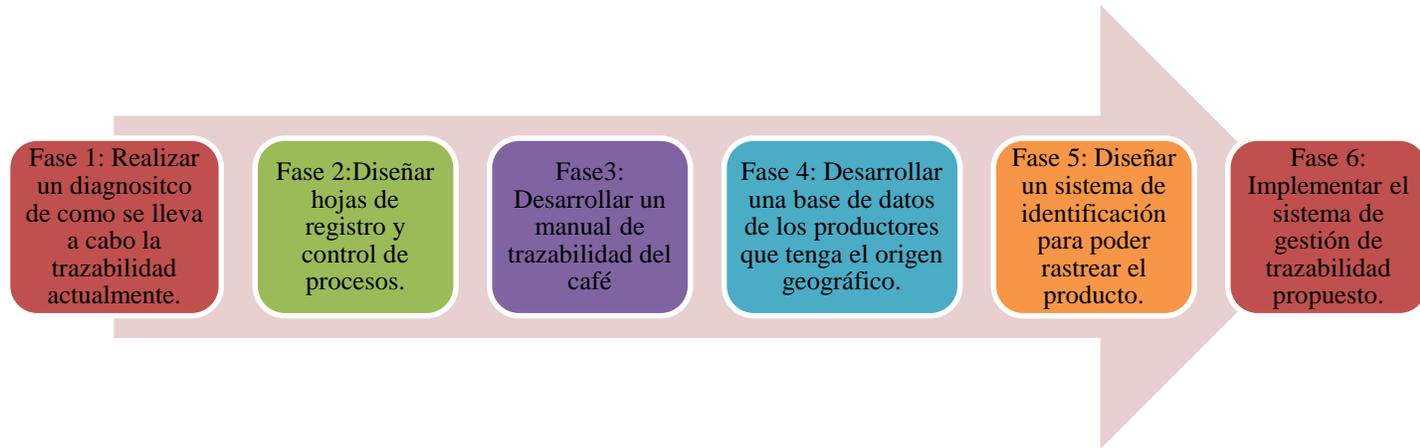


Figura 1 Metodología para la implementación de un sistema de gestión de trazabilidad.

### IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA

#### *FASE 1: Diagnóstico en la empresa de cómo actualmente realiza la trazabilidad.*

En esta fase se realiza el diagnóstico de la trazabilidad, donde se obtiene información importante de la empresa, para ello se debe tener conocimiento del ciclo de producción e identificar todas las actividades desarrolladas durante el mismo, estas son: acopio, recepción, beneficio húmedo, transporte, beneficio seco y distribución. La secuencia de estas actividades se muestra en la figura 2.

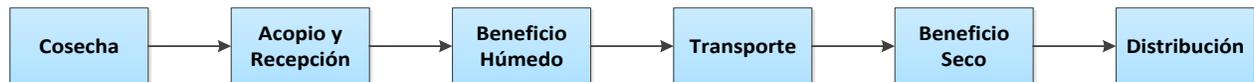


Figura 2. Actividades que se realizan en el ciclo de producción.

Las actividades mostradas anteriormente están formadas por otras actividades secundarias, por lo que para cada una de ellas se realizaron mapas de proceso para poder especificar a detalle el ciclo de producción que se analiza. Un ejemplo se muestra en la Figura 3, donde se observa a detalle las actividades que conforman a la cosecha.

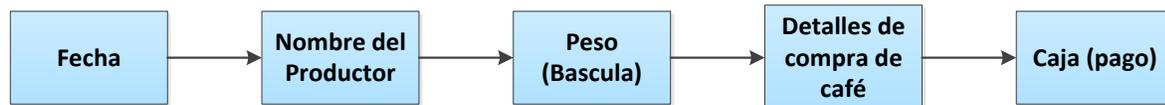


Figura 3. Actividades que se realizan en la cosecha

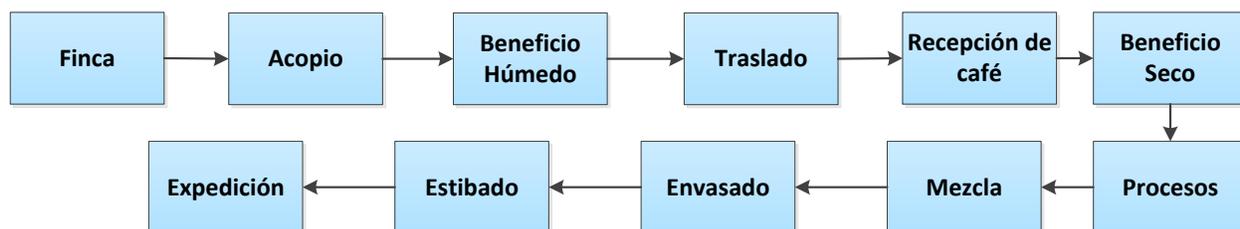
Se realizaron mapas de proceso de todas las actividades que conforman el ciclo de producción del café verde, para posteriormente identificar las actividades del proceso en donde se puedan llevar registros confiables. Con esto ya es posible poder realizar registros de información necesaria para llevar a cabo la trazabilidad. Después de realizar los diagramas se eligieron las actividades que tienen mayor importancia y en las cuales se pueden obtener registros de los procesos que se realizan en ellas (Figura 4). Entre las actividades que se pueden recolectar la información se

encuentra la finca donde se debe recaudar toda la información relevante de la materia prima, es decir, de donde proviene el café cereza, los datos descriptivos de las fincas, así como la ubicación geográfica y las parcelas que la conforman. En la actividad del Acopio se recolecta la información correspondiente a las compras de café, es decir tener un registro de los productores que intervienen en esta transacción.

Posteriormente cuando se realiza el beneficio húmedo, en el cual se lleva el registro de la cantidad de café que entrara a proceso, a quién pertenece, el tiempo que tardara el proceso, y la cantidad de café obtenido. El café resultante debe ser trasladado al Beneficio Seco, en este caso la información a obtener está relacionada con el transporte, como es el nombre del chofer, la placa del camión, la cantidad y tipo de café que se está transportando, así como la fecha de este traslado.

Cuando el grano llega al Beneficio Seco, se realiza la recepción de este y se debe registrar: la cantidad de café que está entrando a la empresa, su procedencia, quién lo transporto y la placa del transporte, entre otra información. Una vez que se realizó la anterior actividad, se debe recaudar la información correspondiente sobre la localización del producto ingresado, y los datos arrojados en el análisis organoléptico, para posteriormente decidir el o los procesos que deben llevarse a cabo.

La actividad de mezcla, se realiza cuando el café entra a máquinas y como se puede utilizar cualquier lote de grano que se encuentre en la empresa, es necesario llevar un registro de los lotes que entran a proceso, así como sus pesos individuales y sus pesos en conjunto. Finalmente se debe contar con la información de la cantidad de café que fue obtenido de los procesos en el Beneficio Seco, es decir, tener conocimiento de cuantos kilos y sacos se obtuvieron en el proceso de Beneficiado, en donde se colocaron y a quién fue vendido.



**Figura 4. Identificación las actividades en donde se pueden realizar registros confiables.**

#### *FASE 2: DISEÑO DE HOJAS DE REGISTRO Y CONTROL DE PROCESOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRAZABILIDAD.*

En esta fase se diseñaron hojas de registros y control de procesos con la finalidad, de poder recopilar la información correspondiente de toda la cadena agroindustrial de la empresa analizada. Primeramente se recolectaron los datos de las Fincas, que es donde se recibe la materia prima, además de obtener información de los recursos agrícolas que se utilizan en estas. Posteriormente en el acopio, se registra el nombre de los productores que venden el café cereza para ser procesado en el beneficio húmedo, en el cual se lleva un control de los procesos, de la cantidad de café que entra y sale del proceso. Además del traslado y recepción del café se debe conocer la información de: la cantidad de café que se transporta, de donde proviene, las características del café y del transporte. Cuando el café entra al Beneficio Seco se debe recolectar toda la información relacionada con: el análisis organoléptico, los procesos que intervienen en la transformación a café verde; además de la cantidad de café obtenido de estos procesos. Finalmente se debe tener registro de la colocación del café en el almacén, así como a quien compro el producto y a donde se dirige. Un ejemplo de la recolección de los datos descriptivos que corresponden a la Finca se muestra en la Tabla 1 en la cual se observa la información es necesaria y se comienza a utilizar un código de identificación. Como en toda la cadena de producción se deben recaudar datos, como se describió anteriormente; en la figura 5 se muestra un mapa de documentos en los cuales se identifican los formatos que deben ser llenados.

Código de identificación (1)	Nombre de la Finca (2)	Nombre del Dueño (3)	Nombre de los productores que la trabaja (4)	Municipio (5)	Superficie de la Finca (6)	Superficie en producción cafetalera (7)	Cantidad de parcelas (8)	Nombre de las Parcelas (9)	Área por parcela (10)	Coordenadas Geográficas (10)

Tabla 1. Tabla de Datos descriptivos de la Finca. Clave de formato GM-TRAZ-01

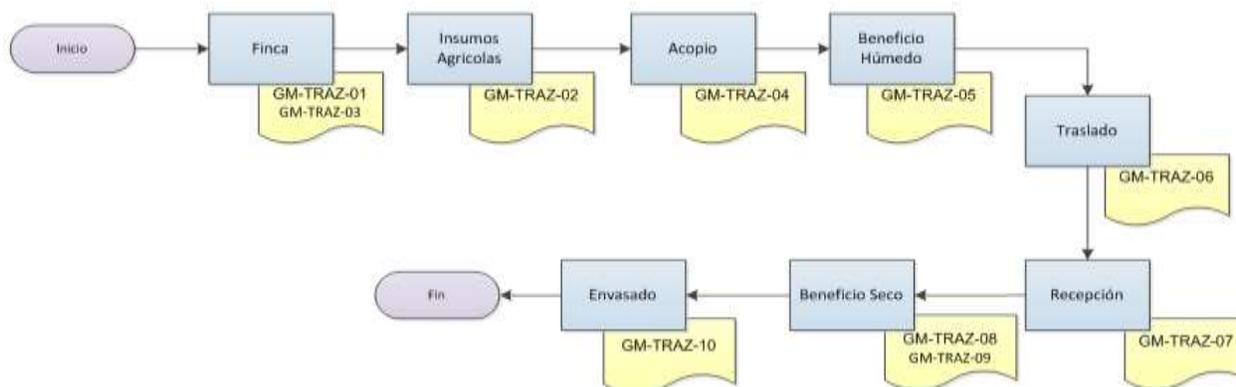


Figura 5. Mapa de documentos para realizar el sistema de Gestión de Trazabilidad

*FASE 3: Desarrollo de un manual de gestión de trazabilidad.*

Se desarrolló un manual de trazabilidad a lo largo del trabajo para realizar el sistema de gestión de trazabilidad, el cual está basado en las actividades que se realizan en la empresa para distribuir el café verde y principalmente en aquellas en las que puede existir un registro importante para poder llevar la trazabilidad de manera adecuada.

El Manual de trazabilidad contiene: introducción, objetivo general, la actualización y los procedimientos que se describirán en el mismo. Estos procedimientos son: recolección de datos, acopio, beneficio húmedo, traslado, recepción, entrada de café a beneficio seco, envasado. Señala además, quienes son los responsables de ejecutar estos procedimientos y de llevar a cabo el llenado de las hojas de registro que solicita el manual.

*FASE 4: DESARROLLAR UNA BASE DE DATOS DE LOS PRODUCTORES EN LAS QUE SE TENGA EL ORIGEN GEOGRÁFICO.*

En esta fase se presenta una base de datos en la cual se tiene el conocimiento de las características de las Fincas, que es donde se obtiene la materia prima. Además de información relacionada con los Insumos agrícolas que utiliza cada Finca, para recaudar esta información se utilizaron los formatos de registro descritos en la FASE 2.

*FASE 5: DISEÑAR UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN PARA PODER RASTREAR EL PRODUCTO.*

EL sistema de identificación utilizado para rastrear el producto es un sistema numérico. El gestor de bases de datos PostgreSQL utiliza un número serial único para cada entrada de datos<sup>3</sup>. Es decir, se le asigna un número único, mejor conocido como llave primaria, para identificar cada una de las siguientes entidades: finca, parcela, municipio, productor, beneficio húmedo, insumos agrícolas, transporte, recepción, mezcla, procesos y salidas. Por lo que cada, salida es única y se muestra toda la información de la trazabilidad del producto.

A continuación se muestra un ejemplo de la información que contiene una partida de café, utilizando el sistema de identificación para realizar su rastreo en el beneficio húmedo. Como se observa en la Figura 6, existen varios

elementos que conforman una partida de café, cada elemento tiene un código de registro que ayuda a identificar a todos los elementos del producto final.

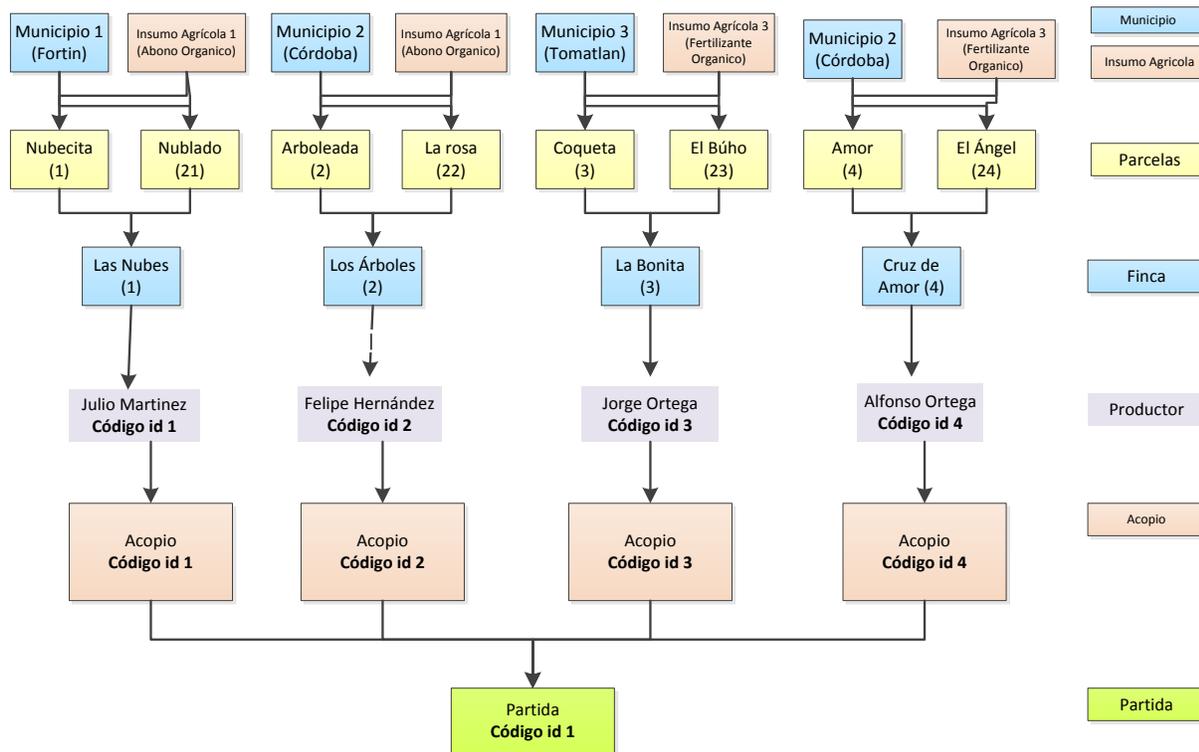


Figura 6. Elementos que integran una partida de café

**FASE 6: Implantar el sistema de Gestión propuesto**

Para poder llevar a cabo una trazabilidad demostrable y completa se desarrolla una aplicación Web con la ayuda de una base de datos relacional y así controlar todos los datos relacionados desde las fincas hasta los lotes de producto terminado. Para mostrar la trazabilidad que se llevó en la empresa, se generan dos formas para mostrar la trazabilidad. Una trazabilidad interna, la cual es para uso del personal de la empresa y así poder checar la trazabilidad del producto en cualquier momento. Así como una trazabilidad externa, que sirve para mostrar al cliente la trazabilidad del café que está comprando.

Una aplicación web es un conjunto de páginas que interactúan unas con otras y con diversos recursos en un servidor web, incluidas bases de datos<sup>4</sup>. Para realizar esta aplicación primero se generó la base de datos, utilizando el manejador de datos PostgreSQL; y posteriormente se creó la aplicación en el Programa NetBeans y se ejecutaron las pruebas de implementación.

En el proyecto se utilizó hibernate para la creación de las clases que se necesitan y el manejo de la base de datos. Posteriormente se comenzó a programar la lógica de la aplicación web. Se realiza la presentación de los “módulos” que integran la aplicación web, el primer módulo está relacionado con lo que vería el usuario externo, en esta parte cuando el cliente entra a la página, debe introducir el código que posee el café y finalmente se le mostrara la salida de la trazabilidad. Un ejemplo de trazabilidad externa se muestra en la Figura 7.

Trazabilidad	
Coordenadas Geográficas	Nombre de la Finca
12°34'5	La rosa
Tipo Café	Nombre del Beneficio Húmedo
oro	Fortín
Calificación Café	
12.0	
Código	Destino del Café
1	Veracruz

Figura 7. Ejemplo de salida de la trazabilidad externa

## CONCLUSIÓN

En la industria del café es muy importante estar a la vanguardia de los nuevos sistemas de gestión, la creación de la aplicación web para realizar un efectivo sistema de trazabilidad, es de gran importancia para posicionar y generar nuevas oportunidades en una empresa cafetalera.

Para llevar a cabo un sistema de gestión de trazabilidad, se debe identificar las actividades que generan registros confiables y si estas actividades no se realizan actualmente, se deben crear. Además, muestra la relevancia de contar con hojas de registro de información, para poder recaudar los datos necesarios y llevar un orden, también se realiza un plan de trazabilidad donde se indica cómo se deben llenar estos registros.

Todo lo anterior es importante para poder crear una base de datos, y así poder desarrollar una aplicación web, en la cual se pueda ingresar y consultar la información referente a la trazabilidad del café.

El contar con esta aplicación, permitirá concretar toda la información relacionada con la trazabilidad, además de contar con la facilidad de ingresar los datos necesarios para ampliar la base de datos, ya que la aplicación tiene campos para poder ingresar información nueva. Todo esto permite tener una trazabilidad completa y comprobable.

## BIBLIOGRAFIA

- <sup>1</sup>Léger, N. (2010). "Trazabilidad en la cadena Agro-Comercial: concepto y experiencias". Registro de Trazabilidad Camara Argentina de Comercio, 1.
- <sup>2</sup> Technical Committe ISO/TC 34. (2007). "Traceability in the feed and food chain. General principles and basic requirements for system design and implementation". En T. C. 34, ISO 22005 (pág. 3).
- <sup>3</sup> Bergsten, H. (2004) "JavaServer Faces". Estados Unidos de America: O'Reilly Media.
- <sup>4</sup> Aumaille, B. (2002). "J2EE Desarrollo de aplicaciones WEB". Barcelona: ENI.

# Diseño de un proceso de reciclaje para elaborar placas de PET y utilizarlas para prácticas de maquinados CNC

Ing. Pedro Jácome Onofre<sup>1</sup>, MII. César Argüelles López<sup>2</sup> y MII. Ligia Herrera Franco<sup>3</sup>

**Resumen**— El reciclado del PET resulta ser un tema muy interesante por el alto volumen generado día a día. Es oportuno mencionar que el PET, además de ser un negocio atractivo, es uno de los principales materiales que se utilizan para innumerables tipos de aplicaciones, y por la cantidad de producción generada para el consumo humano hace despertar el interés para generar proyectos que contribuyan al cuidado del medio ambiente. En el presente artículo describimos los pasos que se llevaron a cabo y los resultados obtenidos en el análisis de una alternativa de alto reciclaje para la obtención de placas rectangulares de PET. El objetivo es obtener placas de 100 x 150 mm con PET RECICLADO, mediante un proceso de diseño, trituración, lavado, secado y fundición, y utilizarlas como prácticas para manufacturar piezas en máquinas de CNC en el laboratorio de manufactura.

**Palabras clave**— Ingeniería, Medio ambiente, Reciclaje, Maquinados CNC

## Introducción

Actualmente el PET se ha convertido en un problema para todos los países del mundo ya que ha traído consigo grandes problemas como lo es la contaminación, quizás la causa principal sea que los seres humanos no tenemos conciencia y mucho menos cultura que nos haga reflexionar del gran daño que provocamos al tirarlo.

La presente investigación tiene como finalidad mostrar la situación actual en la región de San Adres Tuxtla, Veracruz sobre el tema relacionado al PET. A pesar de que existe una amplia diversidad de estudios relacionados sobre este tema, no se ha podido contar con una visión que permita la materialización de los proyectos. El proceso de reciclado que se propone en este artículo se divide en cuatro etapas: acopio y selección, trituración, lavado y secado, y fundición. El objetivo es obtener placas rectangulares, con PET reciclado, que se utilizarán en un proceso de manufactura para transformarse en un producto terminado mediante máquinas CNC. Es importante mencionar que este trabajo contribuirá directamente a que los alumnos puedan realizar prácticas en el laboratorio de manufactura y de la misma manera se contribuya al mejoramiento del medio ambiente.

## Descripción del método

### *Reseña de las causas del desarrollo del reciclaje del PET*

Los residuos de PET generalmente son generados por comercios, industrias y casas habitación, entre otras fuentes; nos ocasionan problemas de contaminación afectando a la sociedad en general. En la actualidad los métodos para su disposición, transformación y aprovechamiento han resultado ineficientes e insuficientes, por tal motivo, estamos generando una alternativa para el aprovechamiento de los mismos. El objetivo es: Disminuir la contaminación ambiental y contribuir a la obtención de materia prima para prácticas en el laboratorio de manufactura, mediante el reciclaje del PET, obteniendo productos elaborados mediante sistemas de control numérico y manufactura avanzada.

<sup>1</sup> Ing. Pedro Jácome Onofre es profesor del Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, Ver. México  
[pjacom72@hotmail.com](mailto:pjacom72@hotmail.com)

<sup>2</sup> El MII. César Argüelles López es profesor de TSU e Ingeniería en mantenimiento en la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Ver. México [arguelles88@hotmail.com](mailto:arguelles88@hotmail.com)

<sup>3</sup> La MII. Ligia Herrera Franco es egresada-titulada de la Maestría en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Orizaba  
[lenaherrera@hotmail.com](mailto:lenaherrera@hotmail.com)

### *Infraestructura para el desarrollo del reciclaje del PET*

El proyecto tiene su origen en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, Veracruz, en el laboratorio de manufactura avanzada, edificio multifuncional “F”, lugar donde se encuentran las máquinas de Control Numérico Computarizado (CNC), Marca BOXFORD VMC 300. Además de contar con el laboratorio de manufactura y 300 metros cuadrados, para el acopio de las botellas de PET, las instalaciones del ITSSAT cuentan con un laboratorio de química, en donde se hará uso de los equipos microscópicos para el análisis de las estructuras cristalinas del PET. Aunado a ello, se cuenta con el apoyo de algunos investigadores de otras instituciones educativas como: el Instituto Politécnico Nacional y la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora para realizar pruebas, análisis de dureza, maleabilidad de ciertos polímeros y simulaciones de maquinados para la obtención de códigos G que permita manufacturar las piezas (Figura 1 y 2).



Figura 1. Tecnológico de San Andrés Tuxtla.



Figura 2. U. Tecnológica de Gutiérrez Zamora

### *Metodología del proceso de reciclaje*

La metodología para el proceso de reciclado se compone por cuatro etapas (Figura 3); la primer etapa implica la recolección del material, la segunda la trituración, la tercera el lavado y secado, y finalmente la cuarta etapa donde se realiza la fundición para obtener las placas de PET, las cuales serán utilizadas como prácticas de CNC en el laboratorio de manufactura.

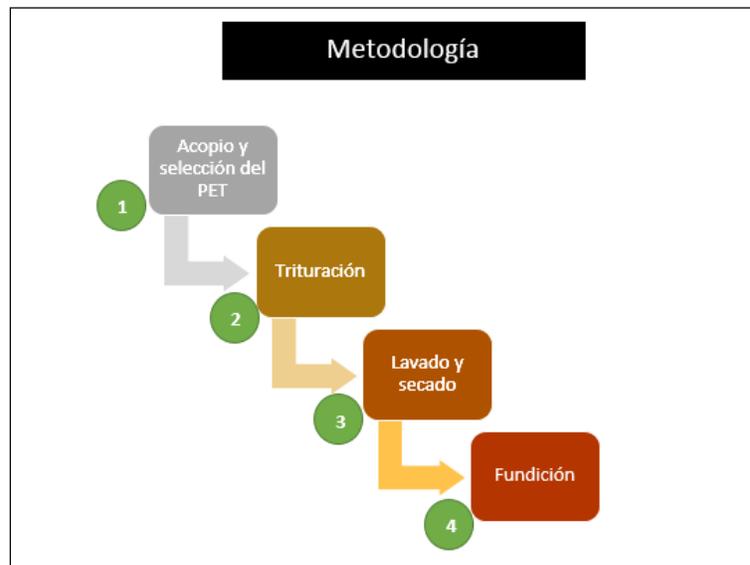


Figura 3. Metodología para el proceso de reciclado (Elaboración propia)

### *Proceso del reciclado mecánico del PET*

#### • Acopio y Selección

El acopio y selección de material se llevara a cabo en puntos estratégicos en la ciudad de San Andrés Tuxtla, Ver. Incluyendo al ITSSAT, el cual fungirá como el principal centro de acopio. Es importante puntualizar que un buen sistema de acopio garantizará un buen suministro de materia prima para el resto de los procesos. La selección tiene

por finalidad liberar al plástico de interés (PET) de diferentes tipos de materiales, especialmente de los otros tipos de polímeros, metales, vidrio o papel. La importancia de la separación radica en que si existe la presencia de otros materiales, éstos podrían perjudicar el proceso de reciclaje o directamente afectar la calidad del producto final. Una alternativa para facilitar la tarea de separación es contar con un sistema de flotación que permita separar los materiales con distinta densidad, haciendo caer al fondo los más densos. La figura 4 muestra un ejemplo del material seleccionado.



Figura 4. Centro de acopio de PET, en el ITSSAT (Elaboración propia).

- Trituración

Para esta tarea se propone un proceso mecánico de fácil uso y menos costoso que el proceso químico. Este proceso propició la construcción de una máquina trituradora para envases PET en el Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, cuyo proceso consiste en triturar y obtener pequeños *pelles* de PET.

El diseño de las cuchillas de corte, para esta máquina, se realizó por medio de un material llamado: Muelles de Ballestas<sup>1</sup>. Las ballestas están constituidas por un conjunto de hojas o láminas de acero especial para muelles, unidas mediante abrazaderas, que permiten el deslizamiento entre las hojas cuando éstas se deforman por el peso que soportan (Figura 5). En la figura 6 se representan los cortadores (cuchillas elaboradas con solera). Estos cortadores tienen forma de barritas con filos y con una medida de 25 cm de largo<sup>2</sup>. Se escoge este material porque tiene un gran concentrado de acero y hace que su dureza sea suficiente para el trabajo al que va ser sometido.



Figura 5. Muelles de Ballestas.



Figura 6. Cortadores de ballestas con filo (Elaboración propia).

- Lavado y secado

Las hojuelas de PET están generalmente contaminadas con comida, papel, piedras, polvo, aceite, solventes y en algunos casos pegamento. De ahí que tienen que ser primero limpiadas en un baño que garantice la eliminación de contaminantes. El uso de sosa cáustica para el proceso de lavado es adecuado por las bajas concentraciones necesarias y porque la sosa cáustica remanente en disolución se puede reutilizar para otros lavados, simplemente reponiendo la que se pierde en el proceso de lavado. Sobre este punto se trataría al agua residual con ácido para neutralizarla como un sistema de recuperación y tratamiento de proceso. Posterior al ciclo de lavado sigue un proceso de secado el cual debe eliminar el remanente de humedad del material para que pueda ser posteriormente procesado. Para este proceso se utilizarán secadores de aire, ya sea caliente o frío, que circulando entre el material picado elimine la humedad hasta límites permisibles.

Para esta etapa de la metodología, se diseñó un equipo de lavado y secado capaz de limpiar el material de impurezas para posteriormente pasar al proceso de fundición. El material con el que se diseñó el prototipo es acrílico, pues investigaciones experimentales han demostrado que es un material muy resistente y de alto impacto, cuya resistencia va dependiendo del espesor que tenga éste. En este caso se contempló una medida de espesor de 12 mm para asegurar la resistencia al alto impacto que tendrá en las funciones del lavado y secado.<sup>3</sup>

El diseño del prototipo, así como la simulación del proceso de lavado y secado, fue realizado en el software *SolidWorks* (Figura 7 y 8).



Figura 7. Software utilizado (SolidWorks, 2014)



Figura 8. Diseño de Prototipo de Lavado-Secado.

#### *Proceso de Lavado:*

Durante el proceso de lavado, el prototipo resistirá una gran presión de agua que generara que el plástico tenga revoluciones y movimientos heterogéneos en diferentes puntos del área, lo cual propiciará que el agua quite los residuos o grasa que tengan las hojuelas de PET. Una vez que el agua cumpla su función, ésta será desechada a través de un desagüe, comenzando nuevamente el ciclo de lavado. El nivel de agua es controlado en el prototipo mediante una electroválvula, tal como se muestra en la Figura 9 y 10.

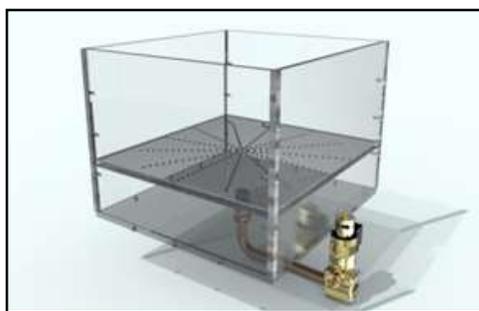


Figura 9 Diseño de Electroválvula.



Figura 10 Diseño de lavadora<sup>6</sup> (Fuente: ITSSAT)

Además de la electroválvula, el prototipo tendrá integrada una bomba de agua que comprende una presión equivalente de 1200 psi, la cual lavará las hojuelas de PET a una velocidad de 450 km/h, aproximadamente este proceso de lavado tardara de 5 a 6 min, las velocidades de este prototipo se determinaron con base a las leyes y ecuaciones de la hidráulica<sup>4</sup>, cuando el fluido corre a través de una tubería y esta es impulsada por un motor o bomba. El diseño concluido se puede apreciar en la Figura 11. El trayecto que tendrá el agua, es a través de una tubería de cobre, debido que es el material más común y adecuado para su fluido. Estudios físicos han comprobado que los otros metales son pocos compatibles con el agua debido a que el agua suele oxidarlos muy rápidamente.

#### *Proceso de Secado*

Una vez el proceso de lavado cumpla con su función, en este mismo prototipo, se llevara a cabo el proceso de secado, la cual será interactuada por el motor rojo cuya capacidad y revolución es de 1600 psi, secando al material en un tiempo prolongado de 2 a 3 min. El secado será realizado por aire frio, cuya conducción será propagada en el espiral colocado en la parte superior haciendo que el aire seque por completo el plástico después de su lavado.

Es importante mencionar que las velocidades de las hojuelas del PET varían, debido a que las velocidades de estas partículas dependen de la presión hidrostática de acuerdo con el suministro de la bomba hidráulica. Para fines de este trabajo se tiene calculado que la presión varía de entre las 1000 a 1200 psi, equivalente a una velocidad de 400 RPM, una velocidad adecuada para el enjuague de las hojuelas, quedando ya trituras y lavadas como se muestra en las figuras 11 y 12.<sup>3</sup>

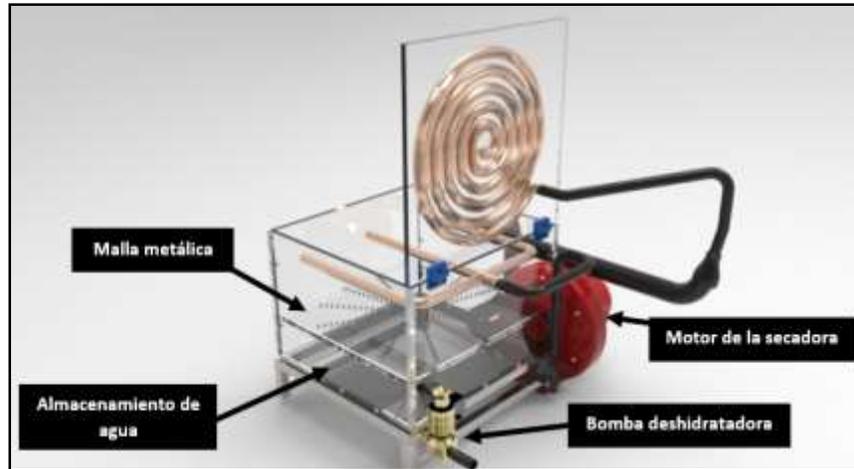


Figura 11. Componentes principales del prototipo de lavado y secado (SolidWorks, 2014)



Figura 12. Hojuelas de PET trituradas, lavadas y secadas (Fuente: ITSSAT)

• Fundición

En esta etapa es importante considerar que la fundición debe realizarse de manera que se controlen los parámetros de agitación y temperatura; por esta razón fue necesario contar con un reactor que nos permitiera controlar las variables correspondientes. El diseño del reactor se realizó de acuerdo a las necesidades requeridas en la fundición de PET, para que el PET obtenido cumpla con las condiciones óptimas para ser mecanizado. El resultado del diseño del reactor se muestra en la figura 13, mientras que el proceso de fundición se puede observar en la figura 14.

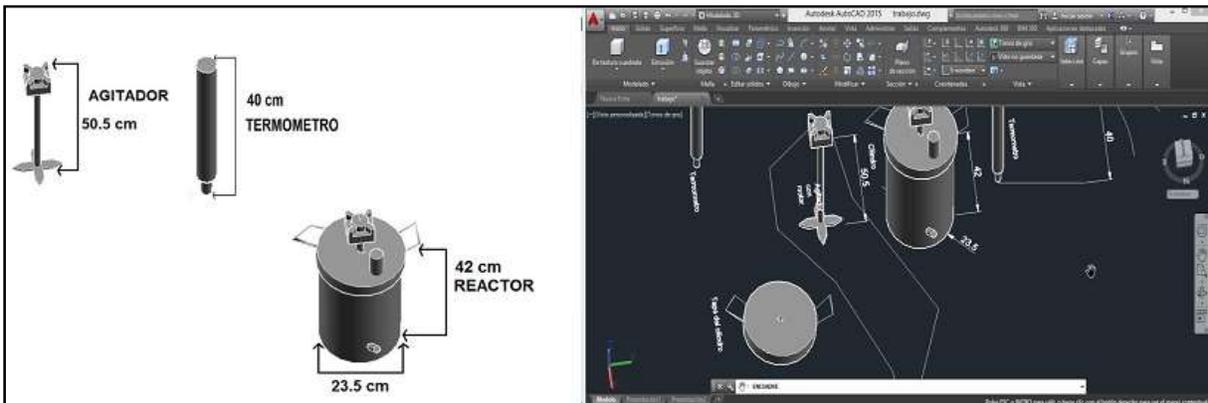


Figura 13. Diseño en AutoCAD del reactor de PET (Elaboración propia).



Figura 14. Vaciado del PET en el reactor químico para la fundición (Fuente: ITSSAT).

### Comentarios Finales

#### Resultados obtenidos

Finalmente, después de que el PET fue reunido, seleccionado, limpiado y fundido, se obtuvieron las placas solidas de la figura 15, las cuales serán utilizadas como materia prima para realizar prácticas en las máquinas CNC del laboratorio de manufactura del ITSSAT. La figura 16 muestra un ejemplo de práctica de mecanizado que los alumnos podrían simular y llevar a cabo.

#### Conclusiones

Los resultados demuestran que se puede contribuir al desarrollo del conocimiento teórico-práctico de los alumnos mediante el uso de materiales reciclados, que de alguna manera u otra, ayuden a reducir los niveles de contaminación en la ciudad. Además, es importante que las instituciones educativas exhorten a toda la comunidad escolar a generar e implementar proyectos de índole ambiental para contribuir a tener un mundo mejor cada día.



Figura 15. Placas de PET obtenidas del proceso de reciclaje (Elaboracion propia).

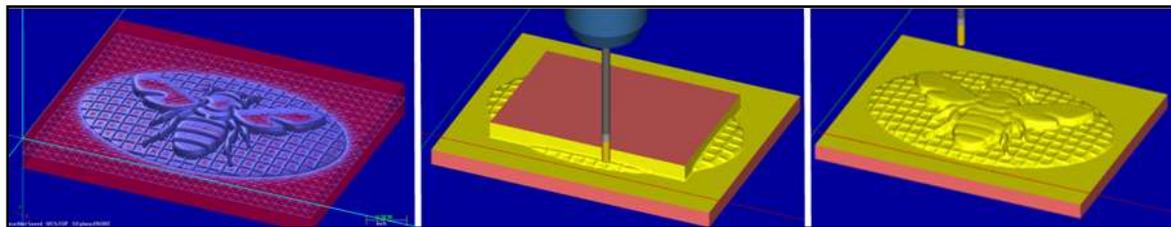


Figura 16. Simulacion de mecanizado en MasterCAM versión estudiante (Elaboracion propia).

### Referencias

<sup>1</sup>Cálculo de ballestas de suspensión para camión. En <http://es.scribd.com>. R.: Mayo-2012.

<sup>2</sup>Martínez López Santiago, Sixtega Bautista J. Feliciano, (2014) “Diseño y Construcción de Prototipo Para la Trituración del PET Reciclado Para Maquinados en CNC”. Tesis de Licenciatura Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, Veracruz, México.

<sup>3</sup>Lupercio Sánchez Fermín. A, Otapia Díaz Iván. (2015) “Fabricación del Prototipo de Lavado y Secado para Integrar el Proceso de Reciclaje del PET que forma parte del ITSSAT.” Tesis de Licenciatura Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, Veracruz, México.

<sup>4</sup>Procuna, M. A. (2010). FÍSICA II Dinámica, Hidrostática, Hidrodinámica. México, D.F: Éxodo.

# Implementación del Mantenimiento Autónomo en línea piloto de la empresa Plasti-Pak del Sureste

M.C. Senén Juárez León<sup>1</sup>, M.C. Ramón García González<sup>2</sup>, Ing. Israel Pérez Hernández<sup>3</sup>

**Resumen-** En este artículo se presentan los resultados del trabajo de investigación aplicada experimental, realizada para evaluar la viabilidad y pertinencia de la implementación del Mantenimiento Autónomo, en la empresa Plasti-Pak del Sureste de la Cd. Tehuacán, Pue., empresa que presenta en su operación diversos problemas que ocasionan el deterioro acelerado de sus equipos, originando gastos que repercuten en su productividad. El Mantenimiento Autónomo, pilar del Mantenimiento Productivo Total (TPM), es una herramienta que permite al departamento de producción participar activamente en la mejora de su proceso a través del control del mantenimiento de los equipos, sin embargo su implementación resulta compleja, pues se requiere que la empresa cuente con determinadas características administrativas, técnicas y culturales que ocasionan considerables inversiones de recursos. Por ello se realizó una “prueba piloto” de Mantenimiento Autónomo en la línea más crítica para observar la viabilidad de implementarlo en toda la planta, obteniéndose resultados favorables como el aumento la disponibilidad y la disminución de fallos.

**Palabras claves-** Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Productivo Total, Productividad.

## Introducción

La utilización eficaz de los equipos es un factor decisivo para reducir costos y aumentar la productividad de las empresas, por ello, el mantenimiento juega un papel primordial. La productividad óptima del equipo debe apoyarse tanto en técnicas operacionales como en técnicas de mantenimiento. En este contexto el Mantenimiento Autónomo, pilar fundamental del TPM, es una herramienta que permite que el departamento de producción participe activamente en la mejora de su proceso, con actividades de limpieza, operación correcta, inspecciones y ajustes.

La implantación del Mantenimiento autónomo evita el deterioro acelerado de los equipos, ya que permite detectar y tratar con anticipación las anomalías que presentan éstos, logrando varios beneficios; llevar el equipo a su estado ideal a través de su restauración y gestión apropiada, establecer las condiciones básicas necesarias para tener el equipo bien mantenido permanentemente y la disminución de fallas y averías (Nakajima, 1988)

## Descripción del Método

### *Planteamiento del Problema*

Después de realizar un diagnóstico sobre la problemática en la empresa, habiendo consultado los diferentes reportes de mantenimiento del primer semestre de 2014 y haber realizado una inspección visual en la operación de los diferentes equipos, se determinó que existen dos aspectos críticos en la operación de la empresa: el deterioro de los equipos y la falta de inspección.

### *Deterioro del equipo y falta de inspección.*

Las grandes fuentes de contaminación en las plantas de manufactura tales como la dispersión de polvo y las fugas de líquidos, crean situaciones extremas que promueven el deterioro acelerado de los equipos.

La suciedad y materias extrañas penetran en las partes giratorias y deslizantes, sistemas hidráulicos y neumáticos, sistemas de control eléctrico, sensores, etc., causando pérdidas de precisión, disfunciones, y fallos, como resultado de desgastes, obstrucciones, resistencia por fricción, etc., aunado a esto, se hace difícil encontrar y rectificar fisuras, holguras excesivas, lubricación insuficiente y otros desórdenes. Este problema es evidente en la planta Plasti-Pack.

Otro problema estrechamente relacionado es la falta de inspección, esta situación es una de las principales causas asociadas con la baja disponibilidad ya que impide que se puedan descubrir anomalías pequeñas, lo que produce una acción en cadena que genera un gran fallo, pérdidas de velocidad o defectos de producto.

<sup>1</sup> Senén Juárez León, Maestro en Ciencias en Planificación de Empresas y Desarrollo Regional. Docente del área de Ingeniería Industrial y de la Maestría en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Tehuacán. Dirección: Libramiento Tecnológico S/N C.P. 75770 Tehuacán, Pue., correo electrónico: [sjleon34@hotmail.com](mailto:sjleon34@hotmail.com)

<sup>2</sup> Ramón García González, Maestro en Ciencias en Planificación de Empresas y Desarrollo Regional. Docente del área de ingeniería industrial del Instituto Tecnológico de Tehuacán. Dirección: Libramiento Tecnológico S/N C.P. 75770 Tehuacán, Pue., correo electrónico: [rgarcia\\_go@hotmail.com](mailto:rgarcia_go@hotmail.com)

<sup>3</sup> Israel Pérez Hernández, Ingeniero Industrial Egresado del Instituto Tecnológico de Tehuacán, Dirección Libramiento Tecnológico S/N C.P. 75770 Tehuacán, Pue., correo electrónico: [israel.phz@outlook.com](mailto:israel.phz@outlook.com)

### *Objetivo General*

Implementar el mantenimiento autónomo en una línea piloto de la empresa Plasti-Pak del Sureste para detener el deterioro acelerado de los equipos y aumentar su disponibilidad, empleando la metodología de Nakajima.

### *Referentes teóricos*

El objetivo final del mantenimiento autónomo es operar con un conjunto de equipos e instalaciones productivos más eficientes, con un volumen menor de inversiones en ellos y mayor flexibilidad del sistema productivo. Inicialmente, tiene como objetivo la eliminación de las seis grandes pérdidas del TPM, en la medida que pueda hacerse desde el propio puesto de trabajo. Suzuki (2005)

La implantación por etapas implica definir adecuadamente los objetivos de cada etapa, así como el objetivo final. Deben ser metas alcanzables y cuantificables, con una política de reconocimiento y basándose en un proceso de mejora continua.

Para iniciar su implantación, deben elegirse aquellas áreas que se consideren más favorables para su introducción; los procesos que se desarrollan en un contexto de autonomía serán altamente adecuados. Por el contrario los procesos abiertos y distribuidos en grandes superficies son más complicados.

En su libro introducción al TPM Nakajima (1988) propone un método de siete etapas, con los cuales los trabajadores individuales adquieren las capacidades necesarias a través de la práctica y el conocimiento. Solamente después de la ejecución y comprensión una etapa se continúa con la siguiente.

Etapa 1: Limpieza Inicial.

Etapa 2: Medidas Contra Anomalías

Etapa 3: Estándares de limpieza y lubricación

Etapa 4: Inspección General

Etapa 5: Inspección Autónoma

Etapa 6: Estandarización

Etapa 7: Control Autónomo.

Los objetivos de estas etapas, son reducir las averías y formar a operarios que comprendan y dominen a fondo sus equipos y procesos, Suzuki (2005).

### *Implementación del Mantenimiento Autónomo en Plasti-Pak.*

El proceso de implantación comenzó con la determinación de los equipos en los que se realizaría la prueba piloto, seleccionando los que mejor se adaptarán a los diferentes requerimientos. Se analizaron los reportes de producción y mantenimiento del primer semestre de 2014, obteniendo la frecuencia de las fallas mecánicas y eléctricas que causaron el paro de producción en la máquina o línea y que fueron de duración mayor a 10 minutos, posteriormente con la ayuda de un diagrama de Pareto se observó la concentración de las incidencias, aplicando la ley del 80/20.

Otro aspecto tomado en cuenta para la selección de la línea piloto son las calificaciones de la filosofía de las 5”S”, que es fundamental para la aplicación de técnicas TPM. Villanueva (2006), las máquinas con mayor calificación representan una menor resistencia al cambio, por lo que se realizó un análisis de la tendencia por bimestres de cada máquina y se observaron sus calificaciones en las auditorias desde su implementación.

Se llegó a la decisión de seleccionar la extrusora e impresora de bolsa soplada marca Carnevalli EHD-75 y la bolsadora marca Lemo (ver fig. 1 y 2) las cuales conforman la línea 1 y a la que se le denominará línea piloto de mantenimiento autónomo.



Figura 1.  
Extrusora e  
impresora de  
bolsa soplada  
marca  
CARNEVALLI  
EHD-75



Figura 2.  
Bolsadora  
marca Lemo

Considerando que “La clave para evitar fallos es evitar el deterioro acelerado.” Suzuki (2005) Es preciso relacionar las condiciones de deterioro de la planta con la frecuencia de fallos de las máquinas. En las gráficas de las figuras 4, y 5 se muestran los índices de intervalo medio entre fallos (MTBF) e intervalo medio de reparación (MTBR) y también el indicador de disponibilidad ya que este logra reflejar a los dos primeros y es el indicador que se utilizó para definir el objetivo del proyecto. En meses anteriores a la implementación del Mantenimiento Autónomo los tiempos medios de reparación fueron altos debido a diferentes causas, las cuales se exponen con un diagrama de Pareto en la figura 6 y que generan importantes pérdidas de producción. Estos resultados se obtuvieron del análisis de reportes de producción y mantenimiento, este último problema, como lo explica Shirose (1994), se puede combatir con la implementación del Mantenimiento Autónomo, el cual ayuda significativamente a reducir los tiempos de paro por fallas y averías.

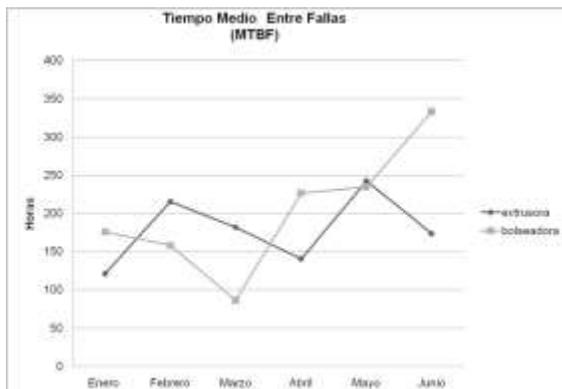


Figura. 3 Grafica del MTBF línea uno, primer semestre 2014. Fuente: reportes de producción y mantenimiento.



Figura. 4 Gráfica del MTBR línea uno, primer semestre 2014. Fuente: Reportes de producción y mantenimiento

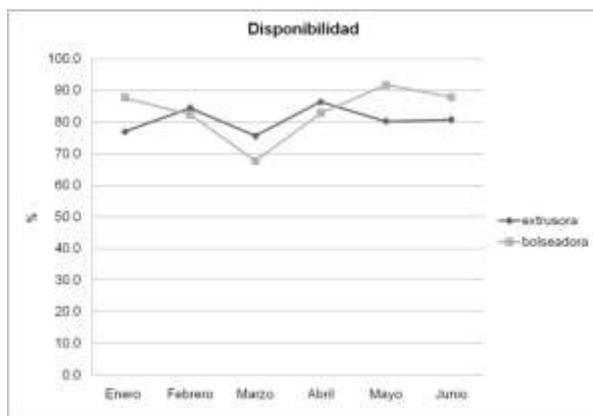


Figura. 5 Grafica disponibilidad línea uno, primer semestre 2014. Fuente: reportes de producción y mantenimiento.

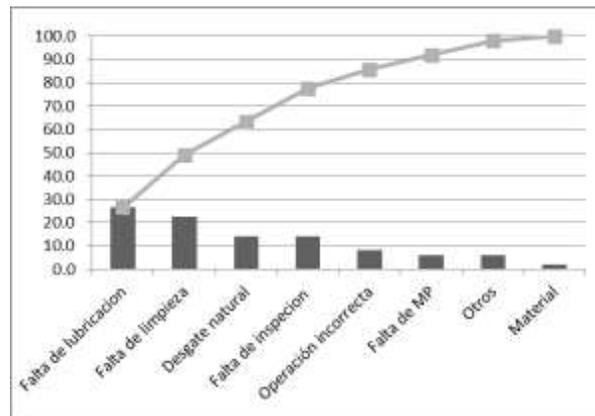


Figura. 6 Diagrama de Pareto problemas relacionados con índices críticos, primer semestre 2014. Fuente: reportes de producción y mantenimiento.

### Capacitación y concientización

La capacitación de los operadores permitirá crear conciencia para romper con el esquema “yo opero - tu reparas”, además de ser capaces de detectar anomalías en el funcionamiento, y evitando que en el futuro se conviertan en grandes fallos Suzuki (2005)

Este paso se inició después de la selección de la línea piloto y estuvo inmerso en toda la implantación, ya que el nivel de conocimiento tanto de la filosofía como técnico avanzó con la práctica, al principio las juntas se concentraron en transmitir a todos los integrantes del proyecto los principios básicos de la filosofía, la concientización respecto a la necesidad del Mantenimiento Autónomo y los posibles resultados. Para esto se realizaron dos reuniones con todo el personal involucrado en la implementación: Gerente de producción, supervisores, Gerente de mantenimiento y operarios de la línea 1.

### *Etapa 1. Limpieza inicial y etiquetado*

Suzuki (2005) pone como objetivo en la primera etapa de la implementación, elevar la fiabilidad de los equipos a través de las siguientes actividades:

- Eliminar el polvo, la suciedad y los desechos.
- Descubrir todas las anomalías.
- Corregir las pequeñas deficiencias y establecer las condiciones básicas del equipo.

Para eliminar polvo y suciedad se realizó un programa de limpieza profunda determinando las partes a limpiar, utensilios necesarios, personas encargadas y fecha.

El proceso de limpieza consistió en remover todo el polvo, suciedad, grasa, aceite, y otros contaminantes que se encuentran en la máquina y sus componentes, con la finalidad de que los operarios conozcan más a fondo su máquina y descubran los defectos ocultos. Esta actividad fue más allá de la apariencia de las máquinas, ya que los efectos nocivos, como fallas, deterioro, calidad y rendimiento entre otras, se derivan de una limpieza inadecuada,

La limpieza y pintado se llevó a cabo por los primeros turnos, en las fechas señaladas. En paralelo con la limpieza se cumplió con el objetivo de encontrar anomalías, tales como; pequeñas deficiencias, incumplimiento de las condiciones básicas, focos de contaminación, fuentes de defectos de calidad y puntos inaccesibles, señalándolas en tarjetas diseñadas para tal fin.

El resultado de esta primera etapa fue visible debido a la limpieza de todos los componentes y el pintado de algunas partes, además del conocimiento más profundo de sus máquinas por parte de los operadores, ya que aprendieron a detectar anomalías básicas.

### *Etapa 2. Establecimiento de medidas contra anomalías.*

Según Nakajima (1988), cuanto mas difícil es para los operarios la limpieza inicial de su máquina, mas fuerte es el deseo de mantenerla limpia y por tanto, adoptar medidas contra la contaminación.

En la línea piloto existe una gran variedad de fuentes de contaminación la cuales causan diferentes efectos como por ejemplo:

- La contaminación de polvo y grasa estorba para el chequeo de pernos, tuercas, indicadores de niveles de aceite, etc.
- La contaminación de polvo causa deterioro acelerado, tal como el desgaste excesivo de pistones y engranes.
- La contaminación de los sensores de límite, fotosensores y otros sensores provoca disfunciones en el funcionamiento de la máquina.
- La contaminación general deteriora el entorno de trabajo y la calidad del producto.

Se exhortó a los operarios a rastrear la fuentes de contaminación hasta su lugar de origen, proponer mejoras para lugares de difícil acceso y procedimientos para mejorar el proceso de limpieza, señalándoles la importancia de que las mejoras se realicen sucesivamente, ya que es difícil erradicar en un solo paso las fuentes de contaminación. Los operarios propusieron acciones correctivas para eliminar las causas de contaminación y lugares de difícil acceso, con el debido asesoramiento del departamento de mantenimiento para cumplir los objetivos de reducir los tiempos de limpieza, chequeo y lubricación.

### *Etapa 3. Establecimiento de estándares de limpieza y lubricación utilizando controles visuales*

Para asegurar que los pasos 1 y 2 se mantuvieran, dándole la limpieza, lubricación y chequeo ideal para la mantener en condiciones óptimas del equipo. Fue necesario establecer los estándares de limpieza y lubricación, considerando partes de la máquina, tiempos, métodos, herramientas, frecuencia y encargados de realizar dichas actividades, todo esto utilizando la herramienta de control visual.

Otra herramienta que se utilizó fue la lección de un punto, esta herramienta es muy conocida en la implementación del TPM, cuya principal característica es que enseña un conocimiento de una forma simple y rápida en una sola hoja.

Para llevar un control del cumplimiento de las actividades de limpieza y lubricación se optó por el uso de tarjetas, que en la parte posterior contienen la frecuencia y el registro de las actividades con firma, fecha y nombre, en la parte frontal contiene datos para identificar parte y procedimiento, esto con la finalidad de asignar responsables e intervalos de tiempo.

Así como en los estándares y las lecciones de un punto, el departamento de mantenimiento estuvo en colaboración para definir tipos de lubricante, intervalos, partes a lubricar y procedimientos. Para definir todos estos puntos estuvieron presentes los operadores, este es un punto importante ya que Suzuki (2005) explica que los estándares impuestos por supervisores o gerentes nunca se cumplen, sin embargo los estándares autoestablecidos se cumplen siempre.

#### *Etapa 4. Inspección general de equipos*

Suzuki, (2005) explica que existen empresas en las cuales creen que el operario se le ordena limitarse a operar su equipo y no a tratar de realizar reparaciones menores, sin embargo estas situaciones no benefician a nadie. Por otro lado los operarios bien adiestrados, en conocimientos básicos de inspección y funcionamiento de sus equipos, detectan pequeñas anomalías potenciales a causar paros o fallos mayores actuando con anticipación. Para lograr esto, se capacitó y adiestró a los operarios, durante cinco semanas, en conocimientos básicos de neumática, hidráulica, mecánica, sensores y motores, que son los principales sistemas con los cuales funciona la línea, profundizando más en las causas y efectos de las anomalías.

#### *Etapa 5. Inspección autónoma.*

Como lo indica Nakajima (1988), se realizó un análisis exhaustivo de los estándares de lubricación, limpieza e inspección con el fin de asegurar métodos, acciones y corregir omisiones. Otra de las finalidades de este paso fue el de clarificar responsabilidades así como definir alcances de las reparaciones por operarios y mantenimiento.

En primer lugar se mejoraron y simplificaron las lecciones de un punto de inspección y se elaboraron check list de inspección, para formalizar y clarificar esta actividad. Estos check list se obtuvieron mediante la definición de componentes críticos y después de reevaluar los estándares de lubricación, limpieza e inspección.

Con este paso se aseguró que los operarios tuvieran clara la importancia de la inspección periódica de sus máquinas y las acciones inmediatas derivadas de los resultados de las inspecciones.

#### *Etapa 6. Estandarización.*

La principal herramienta que se desarrolló para gestionar las actividades fue el tablero de mantenimiento autónomo, en el cual se destinó espacio para diferentes formatos utilizados en la implementación de la línea piloto y lista para el despliegue en otras máquinas.

En este paso se clarifica el rol de los operarios, sus herramientas a utilizar y la validación de todos los pasos, esto último se realizó a través del llenado de los formatos diseñados para ello en cada paso. El factor singular más importante para el éxito de un programa de Mantenimiento Autónomo es realizar una cuidadosa auditoría al completar cada paso para confirmar los resultados logrados y apuntar la dirección para el trabajo adicional.

#### *Etapa 7. Práctica plena del Mantenimiento Autónomo.*

En este paso se concretó la madurez del sistema, cada uno de los participantes tanto el departamento de producción como de mantenimiento ejecutan su papel y comprenden la importancia de éste.

Se realizó una evaluación de los conocimientos técnicos y de la filosofía con el fin de programar más capacitaciones. Por consiguiente nos enfocamos en generar nuevos conocimientos para la participación de los operadores en la generación de nuevas ideas que mejoren los procesos de las 7 etapas y así se obtuvieron ideas que optimizaban diferentes procesos:

- ✓ Mejorar 12 lecciones de un punto.
- ✓ Mejorar el proceso de inspección en el sistema de troquelado.
- ✓ Mejorar el sistema de calendarización de las tarjetas de mantenimiento.
- ✓ Optimizar el check list enfocándose en puntos críticos.

Se planteó el objetivo de mantener la disponibilidad arriba del 95% en las dos máquinas de la línea 1 por los siguientes tres meses.

### **Resultados.**

Los resultados obtenidos en la prueba piloto pueden considerarse amplios, tanto tangibles como lo son el aumento de la disponibilidad, la disminución del MTBR y el aumento del MTBF, así como otros aspectos intangibles.

En las primeras tres etapas los resultados fueron notorios, la limpieza, la eliminación de fuentes de contaminación y el seguimiento a éstas con los estándares, ayudaron a cambiar la apariencia de las máquinas y detener el deterioro acelerado en la línea, el apoyo de mantenimiento fue un factor determinante para el éxito de todas las etapas, con sus aportaciones técnicas y el adecuado seguimiento a sus calendarios de mantenimiento preventivo así como el seguimiento a las anomalías encontradas por los operadores.

Suzuki (2005) Dice que los principales factores que determinan el éxito de un programa de Mantenimiento Autónomo son la profundidad y la continuidad, es por esta razón es que la supervisión y la exhortación hacia los operarios de limpiar y conocer todos los componentes de sus máquinas, facilitó la ejecución y mejora del proceso de inspección en las etapas 4 y 5, en paralelo a esto, asegurar la continuidad utilizando auditorías creó un proceso de mejora continua.

En las etapas 4 y 5 los resultados empezaron a ser sobresalientes, reflejándose la mejora de los indicadores MTBF y MTBR en el aumento de la disponibilidad desde el tercer mes del inicio de la implementación.

Como podemos observar en la gráfica de la figura 7, al principio, la disponibilidad en la línea bajó, debido a las reacciones en cadena por reparación o cambio de componentes, esto se debía a que de acuerdo con el departamento de mantenimiento, al cambiar o componer piezas se detonaban otros fallos no encontrados con la inspección, lo que generaban el aumento de éstos. Después del segundo mes, al formalizar y enfocarnos en la inspección, la disponibilidad de la línea tuvo un aumento muy importante. Manteniéndose los últimos tres meses arriba del 94% en el caso de la extrusora y la bolseadora estuvo en dos meses arriba del 95% de disponibilidad.

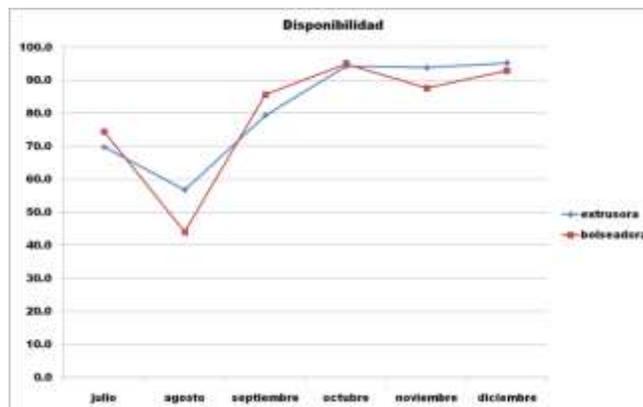


Figura. 7 Grafica disponibilidad línea uno, segundo semestre 2014.  
Después de la implantación del mantenimiento autónomo

Los resultados sobresalientes en las etapas 6 y 7 independientemente del aumento de la disponibilidad son intangibles ya que estos pasos se enfocan en crear una auto-gestión robusta. Entre estos resultados tenemos:

- ✓ El trabajo en equipo
- ✓ Operarios competentes capaces de inspeccionar y detectar fallas
- ✓ Mejora de los lugares de trabajo teniendo un entorno grato
- ✓ La eliminación de barreras interdepartamentales

Los resultados y evidencias de los resultados de este proyecto, se recopilan en un informe técnico, que servirá como base documental para el despliegue de esta metodología al resto de la planta.

### Conclusiones

El Mantenimiento Autónomo es una poderosa herramienta que permite mejorar la competitividad de las empresas, proporcionando líneas de acción contra los principales problemas en las industrias deterioradas, antiguas y sucias como es el caso de Plasti-pack del sureste. Obteniendo resultados cuantitativos que nos permiten medir el beneficio económico que se obtiene al invertir recursos en la implementación de esta filosofía.

Entre las principales dificultades que se presentaron al inicio de la implementación, se puede mencionar la falta de conocimiento técnico básico como retirar tapas de paneles de sus propios equipos o utilizar un engrasador, también la falta de interés por generar nuevas ideas para mejorar su equipo y romper las barreras entre mantenimiento - producción ya que al principio se generaron pequeños conflictos por deslindar responsabilidades.

Por lo contrario los aspectos que nos ayudaron a la implementación fueron, el alto interés en mantener la limpieza inicial, realizando observaciones entre los operadores por cada cambio de turno, lo que les estimulaba a entregar limpio su equipo, también el interés de los operarios por aprender a realizar reparaciones menores a sus equipos.

Son evidentes los resultados que se reflejan en la disponibilidad y aunque es difícil medir los resultados intangibles esto también son sobresalientes después de la implementación.

### Referencias

- González, F.J. (2005). *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. España: F.C. Editorial
- Gutiérrez, G. G., (2000). *Justo a Tiempo y Calidad Total, Principios y Aplicaciones*. México D.F.: Ediciones Castillo.
- Nakajima, S. (1988). *Introducción al TPM*. Cambridge Massachusetts: Productivity Press.
- Shirose, K. (1994). *TPM para operarios*. Portland Oregón: Productivity Press.
- Suzuki, T. (2005). *TPM para industrias de proceso*. Madrid (España): Productivity Press.
- Villanueva, E. D. (2006). *Un enfoque analítico del mantenimiento industrial*. México: Continental.

# Desarrollo de un instrumento para la adquisición y almacenamiento de variables que influyen en la calidad de la precipitación pluvial

Ing. Edgar Antonio Lara Serapio<sup>1</sup>, Dr. José de Jesús Moreno Vázquez<sup>2</sup>,  
Dr. Aldo Rafael Sartorius Castellanos<sup>3</sup>, MC. Raúl Antonio Ortiz<sup>4</sup>

**Resumen-**La captación de la precipitación pluvial puede aplicarse en diversas áreas. Sin embargo, presenta un pH de 5.7 a 7, por lo que es necesario un sistema de evaluación del potencial de hidrógeno. Por lo tanto, en el Instituto Tecnológico de Minatitlán se requiere de un módulo de registro de la precipitación pluvial y su pH, ya que actualmente el procedimiento es manual, es decir una persona va a donde se sitúan los sensores y toma los registros. Por tal motivo, este trabajo describe el diseño de un sistema que evalúa el pH y temperatura del agua de lluvia, compuesto por un microcontrolador Atmega 2560, un kit de medición de pH, un pluviómetro de cazoletas y un sensor de temperatura. Como resultado se obtuvo un sistema que puede ser instalado en campo y que almacena en una MicroSD la información obtenida con la fecha y hora de registro.

**Palabras clave-**Microcontroladores, MicroSD, Lluvia ácida, Precipitación pluvial.

## Introducción

El agua es parte medular de la naturaleza y se puede encontrar de forma líquida, gaseosa o sólida, es un recurso que está en relación directa con la actividad humana, el medio ambiente y los recursos naturales, puede ser utilizada para la producción agrícola, el mantenimiento de áreas verdes o ecosistemas de importancia en la vida humana [Contreras Torres C. et al, 2010]. La precipitación pluvial es un factor importante, por medio de su estudio se puede conocer la cantidad de agua que cae en un área específica y determinar el impacto que ocasiona en algunas estructuras [Sánchez San Roman F.J., 2010]. La evaluación del potencial de hidrógeno radica, no solo en conocer los niveles de acidez o alcalinidad del agua, también se puede aplicar para determinar la calidad en la fabricación de productos alimenticios, así como para la conservación de documentos históricos [Delgado M. et al, 2007].

En algunas investigaciones se ha mencionado que el pH del agua de lluvia es normalmente de 5.7 a 7, debido principalmente a la presencia de ácido carbónico en la atmósfera [Garcés Giraldo L.F. et al, 2004]. La lluvia ácida se debe principalmente a los contaminantes liberados a la atmósfera por emisiones vehiculares, industriales y procesos naturales como erupciones volcánicas que contienen óxidos de nitrógeno y de azufre que al mezclarse con el agua atmosférica forman ácido nítrico y sulfúrico, mismos que pueden regresar a la superficie por medio de la deposición húmeda o seca. La deposición húmeda acontece cuando los contaminantes son devueltos a la tierra en forma de agua, nieve o granizo. La deposición seca es aquella que sucede en climas secos y los contaminantes son depositados en la superficie por polvos o humo. Cuando la deposición húmeda es ácida se conoce como lluvia ácida. [Calidad el aire en la ciudad de México Informe anual, 2011].

Las estaciones meteorológicas son los equipos encargados de evaluar variables climatológicas específicas, están compuestas comúnmente por sensores que registran la velocidad y dirección del viento, la precipitación pluvial, humedad y presión atmosférica, entre otros. Sin embargo, no registran los niveles de acidez o alcalinidad del agua de lluvia. Actualmente se conoce que cuando el pH del agua de lluvia cae a un valor menor de 5.6, se está registrando lluvia ácida [Calidad el aire en la ciudad de México Informe anual, 2011]. Considerando que existen normas que rigen los límites permisibles para determinar la calidad del agua para consumo humano y que la captación del agua de lluvia es una opción para la reutilización del vital líquido, es necesario contar con un

---

<sup>1</sup> El Ing. Edgar Antonio Lara Serapio es estudiante de Posgrado en el Instituto Tecnológico de Minatitlán, Minatitlán, Veracruz, México. [emavles@gmail.com](mailto:emavles@gmail.com) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> El Dr. José de Jesús Moreno Vázquez es Profesor de Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico de Minatitlán, Veracruz. [jdjmv@hotmail.com](mailto:jdjmv@hotmail.com)

<sup>3</sup> El Dr. Aldo Rafael Sartorius Castellanos es Profesor de Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico de Minatitlán, Veracruz. [aldo\\_sartorius@yahoo.com.mx](mailto:aldo_sartorius@yahoo.com.mx)

<sup>4</sup> El M.C. Raúl Antonio Ortiz es Profesor de Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico de Minatitlán, Veracruz. [raomarhn@hotmail.com](mailto:raomarhn@hotmail.com)

instrumento de medida que evalúe los niveles de acidez o alcalinidad del agua lluvia. Por esta razón el presente trabajo describe el diseño de un instrumento que registra la precipitación pluvial, los niveles de pH de la misma, así como la temperatura del agua para la evaluación correcta del potencial de hidrógeno de la muestra.

Los instrumentos utilizados para el registro de la precipitación pluvial son los pluviómetros, de los cuales podemos encontrar los pluviómetros de pesada, son los que registran todo tipo de precipitación, agua, nieve o granizo, el pluviógrafo cuyo método de registro se basa por un flotador que traza un diagrama que representa el llenado del recipiente a lo largo del tiempo y el gráfico registrado permite calcular la intensidad de la lluvia [Sánchez San Roman F.J., 2010]. El pluviómetro de cazoletas es un instrumento cuyo funcionamiento está determinado por la cantidad de agua que cae a una balanza y que genera un movimiento vertical que provoca la apertura y cierre de un switch electromagnético y cuya señal puede ser procesada para la evaluación de la precipitación pluvial.

En diversos estudios se ha demostrado que la temperatura tiene un efecto significativo sobre la evaluación del pH, ya que este influye sobre la exactitud del mismo [Álzate Rodríguez E.J. et al, 2012]. Actualmente, el mercado podemos encontrar una gran variedad de sensores para el registro de la temperatura, tal es el caso de las RTD's, los termopares, así como los sensores de estado sólido, entre otros [Cebej Ferrari M. et al, 2006]. Sin embargo, algunas investigaciones enfocadas a la medición del potencial de hidrógeno en líquidos, hacen mención del uso como sensor de temperatura al DS18B20 [Longoria Ramirez R. et al, 2008]. En otros casos se indican la implementación del Im35 como medidor para la evaluación de la temperatura en agua. Es importante mencionar que para ambos casos y según el tipo de encapsulado con el que cuente el sensor, este deberá ser aislado de sus pines para poder sumergirse en líquidos y así funcionar de manera correcta.

Los diferentes métodos o técnicas que existen para la evaluación del potencial de hidrógeno, se puede clasificar en dos grupos: los electroquímicos y ópticos. No obstante, los sensores electroquímicos han sido motivo de estudio para el desarrollo de nuevos equipos para la evaluación del pH, su función se basa principalmente en convertir la actividad del ión de hidrógeno en una señal eléctrica, en esta clasificación podemos mencionar a los electrodos sensibles a iones o ISE [Oreggioni J., 2006].

Hoy en día se han realizado investigaciones encaminadas al registro de la precipitación pluvial, en algunos casos se plantea el diseño de un sensor pluviómetro para dicha caracterización [Areiza Y. et al, 2012]. En otros trabajos dicho procedimiento se hace implementando pluviómetros de cazoletas comerciales [Román Sedeño M., 2011; Torres Maya A. et al, 2013], sin embargo, no siempre se considera el registro del potencial de hidrógeno del agua de lluvia para su estudio [Torres Maya A. et al, 2013].

Como se dijo anteriormente, en el Instituto Tecnológico de Minatitlán actualmente el procedimiento para obtener las variables, es manual, es decir, una persona va a donde se sitúan los sensores y toma los registros. Por lo tanto, se requiere de un sistema que evalúe y registre los niveles de acidez y alcalinidad de la precipitación pluvial, dicho equipo será instalado en campo y debe permitir el alojamiento de por lo menos 30 días de información. Uno de los objetivos principales del sistema es contar un historial de registro que permita a personal calificado tomar las decisiones pertinentes para determinar la calidad del agua así como las posibles aplicaciones de la misma. Es importante recalcar que la presente investigación va encaminada al diseño de una red inalámbrica de monitoreo de las variables físicas mencionadas.

## Material y métodos

### *Material*

Para el diseño y construcción de la carcasa que resguardará los sensores de temperatura, el electrodo y el pluviómetro de cazoletas, se utilizó lámina de Zinc que fue utilizada como pared de recubrimiento de la carcasa. Para el registro de la precipitación pluvial se implementó un pluviómetro de cazoletas a una altura mínima de 100 cm. desde el nivel del suelo hasta la boca del sensor. En la figura 1 se observa la estructura donde se colocan los sensores, cuya altura es de 90 cm, dejando 10 cm libres donde sale la boca del pluviómetro.



**Figura 1.** Estructura de resguardo del instrumento y de los sensores.

El pluviómetro utilizado para el desarrollo de esta investigación es el pluviómetro de cazoletas 7852M de la marca DAVIS, dicho sensor tiene una resolución de 0.254mm, un área de captación de 214 cm<sup>2</sup>, una ventaja importante de este instrumento es que genera una frecuencia proporcional a la cantidad de agua registrada, el principio de operación de este equipo se basa en el movimiento que ejerce una cazoleta que entra en desbalance al almacenar una cantidad de agua determinada, generando un movimiento mecánico que es convertido a una frecuencia dada por un sensor magnético (Red Switch). En la figura 2 se muestra el mecanismo del instrumento utilizado.



**Figura 2.** Parte interna de un pluviómetro de cazoletas.

Como la temperatura es un parámetro que influye durante la evaluación del potencial de hidrógeno, se consideró la utilización del sensor DS18B20 como dispositivo para el registro de la temperatura, el tipo de encapsulado elegido fue el TO-92, motivo por el cual fue necesario aislar los pines para su inmersión en el agua, dicho procedimiento se complementó agregando resina epóxica junto con un tubo de plástico a la estructura del sensor, el resultado del aislamiento se observa en la figura 3.



**Figura 3.** DS18B20 con aislante para líquidos.

El registro del pH del agua de lluvia lo hace un kit electrónico de lectura de pH, los componentes de dicho equipo se muestran en la figura 4. La tarjeta utiliza un electrodo combinado que genera una diferencia de potencial directamente proporcional al valor de pH, el valor analógico adquirido es procesado por la tarjeta. El acceso a los datos obtenidos por el módulo de pH es a través de instrucciones enviadas desde un microcontrolador ATMEGA2560 utilizando comunicación serial. La velocidad de operación del sistema de adquisición de pH establecida es de 9600 bps.



Figura 4. A) Electrodo para pH. B) Módulo para pH.

### Métodos

El funcionamiento del pluviómetro se basa en el movimiento que ejercen las cazoletas cada que se registra un volumen aproximado de 5.4 ml. de agua, de este modo, cuando se alcanza el volumen de agua mencionado, el microcontrolador incrementa un contador interno en .254mm obteniendo como resultado la cantidad de agua caída. Es necesario recordar que la precipitación se mide en milímetros, esto sucede porque si vaciamos un litro de agua sobre una superficie horizontal de 1m<sup>2</sup> el grosor de dicha lámina de agua sería de 1mm. Considerando la norma NMX-AA-166/1-SCFI-2013, las muestras son evaluadas y registradas cada diez minutos únicamente.

La calibración del electrodo se lleva a cabo de la siguiente manera:

1. Limpiar el electrodo con agua destilada.
2. Sumergir el electrodo de pH en la solución buffer de 7 pH.
3. Esperar aproximadamente de 1 a 2 minutos y oprimir el botón pH 7 que se muestra en la pantalla.
4. Enjuagar el sensor con agua destilada y secar con una toalla seca que no libere pelusa.
5. Sumergir el electrodo de pH en la solución buffer de pH 4.
6. Esperar aproximadamente de 1 a 2 minutos y oprimir el botón pH 4 que se muestra en la pantalla.
7. Limpiar el electrodo y secar con una toalla seca que no libere pelusa.
8. Sumergir el electrodo de pH en la solución buffer de pH 10.
9. Esperar aproximadamente de 1 a 2 minutos y oprimir el botón de pH 10 que se muestra en la pantalla.
10. Por último se limpia el electrodo con agua destilada y se seca con una toalla que no libere pelusa.

Los tiempos de muestreo definidos para el registro del pH y la temperatura del agua de lluvia, se tomaron en relación al tiempo de registro de la precipitación pluvial. Las pruebas hechas a los sensores empleados fueron llevadas a cabo en laboratorio, motivo por el cual se podrían generar ciertas discrepancias con respecto a valores registrados en tiempo real. Con el fin de observar la discrepancia que existe entre el valor verdadero y el valor medido por nuestro sistema, se determinó el error, que es la diferencia que existe entre el valor medido y el valor real, sin embargo lo más común es expresar el error como el cociente entre el error absoluto sobre el valor verdadero expresado en porcentaje [Pállas Areny R., 2014].

Como se mencionó el procesamiento de los datos lo realiza un microcontrolador ATMEGA 2560, la primer variable que se evalúa es la precipitación y es utilizando las interrupciones externas del microcontrolador. La temperatura es un factor que incide en la exactitud de los resultados finales del potencial de hidrógeno, motivo por el cual es la segunda variable que se procesa, una vez obtenido dicho registro es enviado al módulo de adquisición de pH y este devuelve una muestra cuyo valor es dependiente de la temperatura. Los datos finales son desplegados en una pantalla TFT touch resistiva de 240 \* 320 con entrada en la parte trasera para lector de tarjetas MicroSD. Los datos registrados se almacenan en un archivo con formato de texto.

Las pruebas referentes al pH se realizaron durante 3 días, el sensor se calibró el día 1 y 5 minutos antes de hacer las mediciones, el sensor que se tomó como referencia fue el pHMetro modelo 8689.

### Resultados

La prueba fue utilizada para observar la repetitividad de los sensores de temperatura y del electrodo para pH. Los resultados realizados al pH se observan en la tabla 1, y aun que se observa más estabilidad en las mediciones de los días 2 y 3, las lecturas hechas por el sistema ya no tienen la misma exactitud con los registros del día 1. Por lo tanto, con el cálculo de las desviaciones en los registros del pH, se recomienda una calibración diaria para obtener resultados confiables con respecto a un error máximo aproximado de  $\pm 5$ .

Día	Muestra patrón depH	Sistema implementado de pH
1	7.416 $\pm 0.040$	7.431 $\pm 0.147$
2	7.391 $\pm 0.041$	7.558 $\pm 0.042$
3	7.330 $\pm 0.031$	7.629 $\pm 0.080$

Tabla 1. Tabla de resultados de pH tomados con el sistema diseñado y con el del pHMetro 8689.

Los datos observados en la tabla 2 son el resultado de la evaluación que se realizó con respecto al sensor de temperatura DS18B20. Los registros mostrados demuestran buena exactitud y precisión con respecto a la medida considerada como patrón. El sensor utilizado como referencia para la comparación de los registros fue el que tiene implementado el pHMetro 8689.

Día	Muestra patrón de temperatura	Sensor de temperatura utilizado
1	25.223 $\pm 0.110$	25.124 $\pm 0.106$
2	23.8 $\pm 0.0692$	23.749 $\pm 0.061$
3	25.173 $\pm 0.087$	25.170 $\pm 0.298$

Tabla 2. Tabla de resultados de temperatura tomados del pHMetro 8689 y con el sensor DS18B20.

En la figura 4 se observa el diseño del dispositivo final, en ella se despliega la información obtenida por los diversos sensores. Además a lado derecho de la pantalla se ven las diferentes pestañas correspondientes al menú de opciones, donde se puede calibrar el sensor de pH y ajustar la hora del reloj, también puede verse el conector RJ-11 del pluviómetro, una entrada molex para el sensor de temperatura, así como la entrada BNC del electrodo para medir pH. Es importante mencionar que el instrumento mencionado tiene como objetivo final la comunicación inalámbrica con un equipo de cómputo.



Figura 5. Instrumento prototipo

### Conclusiones

Se desarrolló un instrumento que registra la precipitación pluvial, así como los niveles de acidez o alcalinidad de la misma en función de la temperatura de la muestra. Las variables son registradas cada diez minutos y almacenadas en una memoria MicroSD, donde la información registrada es útil para expertos en el área y determinar futuros eventos meteorológicos o la calidad o aplicaciones del agua de lluvia.

## Referencias

- Álzate Rodríguez E.J., Montes Ocampo J.W., & Escobar Escobar R.M. Acondicionamiento del sensor de pH y temperatura para realizar titulaciones potenciométricas. 2012.
- Areiza Y., Vargas G., Pérez C.E., Aristizabal J., & Salazar C.A. Diseño, construcción y prueba de un pluviómetro de cazoletas con comunicación inalámbrica. Revista Colombiana de Física 44. 10-4-2012. <[05]
- Calidad el aire en la ciudad de México Informe anual 2011, Calidad el aire en la ciudad de México Informe anual 2011.
- Cebey Ferrari M., Curto Risso J., & Oreggioni Gamou J. 2006. Monitoreo del Rumen Bovino. Universidad de la República Facultad de Ingeniería.
- Contreras Torres C. & Solano Cerdán Flora Angélica. Caracterización del agua pluvial en el periodo de verano para su uso doméstico en Xalapa, Veracruz. 2010. <[05]
- Delgado M., Vanegas M., & Delgado G. Metrología Química I: Calibración de un pHmetro y Control de Calidad. Universitas 1. 2007. 14-20. <[05]
- Garcés Giraldo L.F. & Marta Lucía Hernández Ángel. La lluvia ácida; un fenómeno físicoquímico de ocurrencia local. Revista Lasallista de investigación 1[002]. 2004. 67-72. <[05]
- Longoria Ramirez R., Román Sedeño M., & Rubio Sandoval J.L.G. 2008. Diseño y construcción de un prototipo para medición simultánea de la precipitación pluvial y su pH. 6° Congreso Internacional en Innovación y Desarrollo Tecnológico
- Oreggioni J. Métodos de medida del pH para estudios invasivos prolongados: ISFET y fibra óptica, En Biosensores para determinaciones analíticas. 2006.
- Pállas Areny R. 2014, En Sensores y acondicionadores de señal, 4° ed.
- Román Sedeño M. 2011. Diseño y construcción de un prototipo mecatrónico para medir y registrar la precipitación pluvial y su pH. Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico.
- Sánchez San Roman F.J. Precipitaciones. 2010. < [05]
- Torres Maya A., C.Díaz Delgado, O.Portillo Rodríguez, O.Sandoval Gonzalez, R.A.García Hernández, & R.Martínez Méndez Red de sensores para el monitoreo ambiental bajo un contexto urbano. 2013.

## Notas Biográficas

El **Ing. Edgar Antonio Lara Serapio**, es alumno de la maestría en ingeniería electrónica en el Instituto Tecnológico de Minatitlán. Sus áreas de interés son el procesamiento de señales y los sistemas digitales.

El **Dr. José de Jesús Moreno Vázquez** es jefe de proyectos de investigación y profesor en el departamento de Ingeniería electrónica en el Instituto Tecnológico de Minatitlán, Veracruz, México. Tiene maestría en ciencias en ingeniería electrónica del CENIDET, Cuernavaca, Morelos, México, terminó sus estudios de doctorado en bioelectrónica en la Universidad Politécnica de Valencia, España. Sus áreas de interés son sistemas digitales, procesamiento de señales digitales, bioelectrónica e instrumentación y control.

El **Dr. Aldo Sartorius Castellanos** es auxiliar del laboratorio de posgrado y profesor en el departamento de Ingeniería electrónica en el Instituto Tecnológico de Minatitlán, Veracruz, México. Tiene Maestría en Ciencias en automática por la Universidad Central de las Villas en Cuba y Doctor en Ciencias en el área de Control por la misma Universidad. Sus principales intereses se centran en la instrumentación industrial y el control avanzado de procesos.

El **M.C. Raul Antonio Ortíz** es jefe del laboratorio de posgrado y profesor en el departamento de Ingeniería electrónica en el Instituto Tecnológico de Minatitlán, Veracruz, México. Terminó sus estudios de maestría en ciencias en electrónica en el CENIDET, Cuernavaca, Morelos, México. Sus áreas de interés son electrónica de potencia, ahorro de energía y electrónica analógica.

# Propiedades físico mecánicas del caucho como agregado fino en mezclas de concreto y mortero

Cristian Eliel López Arévalo<sup>1</sup>, Juan Bernardo López Arévalo<sup>2</sup>,  
Ricardo Díaz Palacios<sup>3</sup>, Raymundo del Ángel García<sup>4</sup>, MIPA. Noemí Méndez de los Santos<sup>5</sup>.

**Resumen**— La resistencia de los cauchos se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo. Se realizan ensayos para determinar estas capacidades de resistencia. Mencionando los más importantes comenzamos con la tracción y la dureza, ya que con mayor frecuencia se incluyen en las especificaciones tanto de cauchos sintéticos como naturales, más sin embargo en el caucho no se debe solo percibir cuán resistente es, se estudian también los siguientes parámetros: tensión, desgarró, abrasión, resiliencia, histéresis. (<http://www.eric.es/web/mecanica-de-los-cauchos/>, 1/04/2015). Es por todas esas ventajas que ofrece el caucho, que cuando se convierte en un desecho, nos proporciona una materia prima sustentable como oportunidad en utilizarlo en agregados finos para mezclas de concreto y mortero utilizados ampliamente en la industria de la construcción. Esta investigación presenta una propuesta con este material triturado en la encomienda mundial sobre la protección que debemos tener responsablemente sobre el medio ambiente.

**Palabras clave**— Caucho, tracción, tensión, desgarró, abrasión, resiliencia.

## Introducción

El caucho natural se obtiene de un líquido lechoso de color blanco llamado látex, que se encuentra en numerosas plantas y árboles. Se obtiene del por medio de un tratamiento sistemático de "sangrado", que consiste en hacer un corte en forma de ángulo a través de la corteza profundizando hasta el cambium. Una pequeña vasija que cuelga en el tronco del árbol para recoger el látex, jugo lechoso que fluye lentamente de la herida del árbol. (Figura 1)



Fuente: [www.taringa.net](http://www.taringa.net)

**Figura 1.** Proceso de "sangrado" por el cual se obtiene el látex.

El caucho **sintético** es un tipo de elastómero, invariablemente un polímero. Un elastómero es un material con la propiedad mecánica de poder sufrir mucha más deformación elástica bajo estrés que la mayoría de los materiales y aun así regresar a su tamaño previo sin deformación permanente. El caucho sintético sirve como un sustituto del caucho natural en muchos casos, especialmente cuando se requieren propiedades mejoradas de los materiales.

<sup>1</sup> Cristian Eliel López Arévalo es estudiante del Instituto del Instituto Tecnológico de Villahermosa, Tabasco. [cristian\\_leo.94@hotmail.com](mailto:cristian_leo.94@hotmail.com); Tel. 9932750425.

<sup>2</sup> Ricardo Díaz Palacios es estudiante del Instituto del Instituto Tecnológico de Villahermosa, Tabasco. [ricardo10diaz@hotmail.com](mailto:ricardo10diaz@hotmail.com); Tel. 9932894880

<sup>3</sup> Juan Bernardo López Arévalo es estudiante del Instituto del Instituto Tecnológico de Villahermosa, Tabasco. [bernardo\\_lopez94@hotmail.com](mailto:bernardo_lopez94@hotmail.com); Tel.9923181896

<sup>4</sup>Raymundo del Ángel García es estudiante del Instituto del Instituto Tecnológico de Villahermosa, Tabasco. [ray\\_rag@hotmail.com](mailto:ray_rag@hotmail.com); Tel. 9935618169.

<sup>5</sup>MIPA.Noemí Méndez de los santos es profesora del Instituto Tecnológico de Villahermosa, Tabasco. [mimilla6566@hotmail.com](mailto:mimilla6566@hotmail.com); Tel:9932793024

### *Cuadro comparativo*

Propiedades	Caucho Natural	Caucho Sintético
Rango de Dureza	20-90	40-90
Resistencia a la rotura	Buena	Regular
Resistencia abrasiva	Excelente	Buena
Resistencia a la compresión	Buena	Excelente
Permeabilidad a los gases	Regular	Regular

Actualmente se fabrican miles de artículos de caucho para usos muy diferentes. El caucho es ampliamente utilizado en la fabricación de neumáticos, llantas, artículos impermeables y aislantes, por sus excelentes propiedades de elasticidad y resistencia ante los ácidos y las sustancias alcalinas. Es repelente al agua, aislante de la temperatura y de la electricidad. Se disuelve con facilidad ante petróleos, bencenos y algunos hidrocarburos. Actualmente más de la mitad del caucho usado hoy en día es sintético, pero aún se producen varios millones de toneladas de caucho natural anualmente.

#### **Justificación**

El caucho es utilizado en distintas ramas de la industria por sus singulares propiedades, ya que trabaja a ciertas acciones como son;

##### Tracción:

Las características de **Tracción** son, junto con la dureza, las que con mayor frecuencia se incluyen en las especificaciones tanto de cauchos sintéticos como naturales.

##### Elongación, Alargamiento a la Rotura:

La **Elongación** es un tipo de deformación. La deformación es simplemente el cambio en la forma que experimenta cualquier cosa bajo tensión. Cuando hablamos de tensión, la muestra se deforma por estiramiento, volviéndose más larga teniendo un grado de elasticidad es de 275 a 350 kg/cm<sup>2</sup>

##### Desgarro:

La resistencia al **Desgarro** pretende medir la resistencia de un artículo de goma a que se produzca o propague una aceleración bajo los esfuerzos que ha de soportar en servicio o en el propio proceso de fabricación.

##### Abrasión.

La Abrasión o desgaste es la pérdida de material producida por fricción contra otra superficie.

#### **Teniendo las siguientes características físicas:**

- A bajas temperaturas, se vuelve rígido, y cuando se congela en estado de extensión adquiere estructura fibrosa.
- Calentando a más de 100 °C., se ablanda y sufre alteraciones permanentes.

- El caucho bruto adquiere gran deformación permanente debido a su naturaleza plástica.
- La plasticidad del caucho varía de un árbol a otro y también depende de la cantidad de trabajo dado al.
- La densidad del caucho a 0 °C. es de 0.950 a 20 °C. es de 0.934. El caucho bruto deshelado después de la masticación por cilindros fríos no varía de densidad.
- Cuando el caucho bruto ha sido estirado y deformado durante algún tiempo, no vuelve completamente a su estado original.
- Si se calienta, la recuperación es mayor que a la temperatura ordinaria. Este fenómeno se denomina deformación residual o estiramiento permanente y es propio del caucho.
- El caucho bruto absorbe agua. Los coagulantes usados en el látex al preparar el caucho afectan al grado de absorción de agua; usando ácido clorhídrico, sulfúrico o alumbre se obtienen cauchos con poder de absorción relativamente elevado. El poder de absorción de agua del caucho purificado es muy bajo.
- Gran variedad de sustancias son solubles o pueden dispersarse en caucho bruto, tales como el azufre, colorantes, ácido esteárico, N-fenil-2-naftilamina, pigmentos, aceites, resinas, ceras, negro de carbono y otras.
- El efecto deteriorante de luz y el calor sobre el caucho se reconoció largo antes del descubrimiento de la vulcanización.
- Es un material impermeabilizante.

### Descripción del Método



#### Fase 1

##### Elaboración de Cilindros de concreto:

Se elaboraron mezclas de concreto para un  $f'c$  de 300 kg/cm<sup>2</sup>, sustituyendo en diferentes proporciones el agregado fino por el caucho de lo que le corresponde en un 5%, 15% y 25%. Realizando la prueba del revenimiento: llenando 1/3 del cono de Abrams con la mezcla del concreto compactando con una varilla 25 veces, llenando nuevamente 2/3 y repitiendo la compactación hasta la parte superior de la primera capa, repitiendo hasta desbordarse la mezcla en la parte superior de la segunda capa, se utilizó la varilla como rodillo en la parte superior del cono para nivelarlo, levantando el cono hacia arriba con cuidado, asegurando que no se moviera la muestra, se colocó el cono al revés y con la varilla sobre el cono volteado, se midió la altura del revenimiento que fue de 10 cm. Se lubricaron los moldes con aceite quemado para evitar la adhesión, se llenaron los cilindros con la mezcla repitiendo el procedimiento para el revenimiento, se le golpeo a los 9 cilindros obtenidos con un martillo de goma para tener buena compactación y se dejó cimbrado 24 hrs. (Figura 2)



Fuente: Fotos tomada por autores

**Figura 2.** Colado, prueba de revenimiento y cimbrado de especímenes.

A las 24 horas de haberse colado los 9 cilindros con un  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ , se procedió a rotularlos con una leyenda e inmediatamente se introdujeron en una pila de agua potable limpia con una temperatura regular de  $27^\circ\text{C}$ .

**Fase 2**

**Cabeceo de especímenes y prueba de resistencia a 7, 14 y 28 días**

Se realizó a los 7, 14 y 28 días del curado, se le realizó a dos cilindros a la vez ( 5%, 15% y 25% caucho), al retirarlos del agua se escurrieron, mientras tanto un especialista del laboratorio asignado por nuestro asesor adjunto nos indicó que para la elaboración del azufre que se utiliza para el cabeceo de estos, la proporción es (75% azufre y 25% arena), se preparan en una charola y se revuelven hasta lograr la homogeneidad colocándolo en una jarra de acero y calentándolo hasta que se funden, con una varilla se mezcla para que tenga una mejor consistencia, teniendo el azufre en condiciones, se preparó el equipo de cabeceo poniéndole grasa quemada al plato y a las caras del cilindro para evitar que el azufre se pegara en estos, el azufre se vierte en el plato e inmediatamente se coloca el cilindro sobre él, esperando un momento para que solidifique y se retire de la base. Se repitió este proceso y se rotularon en sus paredes antes de tronarlos, completamente preparados se colocaron en la máquina de ensaye a la compresión aplicando la carga hasta que el espécimen falló (Figura 3).



Fuente: Fotos tomada por autores

**Figura 3.** Cabeceado y prueba de resistencia a los cilindros en cada una de sus fases

**Fase 3.**

El tratamiento estadístico hasta ahora los datos se concentraron en tablas, a los cuales se les aplicaran los parámetros correspondientes.

### Resultados:

Se les han aplicado las pruebas de resistencia a todos los especímenes. (Tabla 1)

Cilindro	No. Cilindro	Fuerza -Carga kg	Resistencia obtenida $F'c = kg/cm^2$	% de Resistencia obtenida
5 %	5	48,000	271.64	90.54
5 %	6	52,000	294.28	98.09
15 %	5	46,000	260.32	86.77
15 %	6	46,200	261.46	87.15
25 %	5	44,000	249.00	83.00
25 %	6	45,000	254.66	84.88

**Tabla 1.** Resistencias obtenidas en el concreto experimental con caucho a los 28 días.

### Comentarios Finales

Al utilizar concreto, sustituyendo solo el agregado fino en un 5%, 15% y 25% del proporcionamiento que le corresponde, se han obtenidos resistencias aceptables. Los cuales nos indican que son aptos para poderse usar en mezclas de concreto y mortero.

Nos damos cuenta que el caucho por sus propiedades físicas, es apta para hacerse uso en concretos y morteros y por ende les brindan otras propiedades, como es un menos peso volumétrico.

Además por las propiedades de ser un material impermeable, les brinda estas propiedades al mortero, haciéndolo impermeabilizante a la misma vez, dándole una protección extra ala estructura.

### Referencias

- <http://www.taringa.net/post/info/3142980/El-Caucho-Natural-y-sintetico-Usos-y-propiedades.html>
- <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/80.pdf>
- <http://www.monografias.com/trabajos4/elcaucho/elcaucho.shtml>
- <http://www.eric.es/web/mecanica-de-los-cauchos/>
- <http://fotografia.tripod.com/textos/diolefinas.htm>
- <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2012/01/vulcanizacion.html>

### Notas Bibliográficas

El C. **Cristian Eliel López Arévalo** es alumno del Instituto Tecnológico de Villahermosa de 5to semestre de la carrera de ingeniería civil, Ganador de Expo Ciencia Tabasco 2014 en el área de ciencia de la ingeniería y Ganador del 2do encuentro de Jóvenes hacia la Investigación 2014 en el área de Ciencias de los Materiales, con la investigación de un concreto estructural amigable con el ambiente.

La Mípa. **Noemí Méndez de los Santos** es profesora investigadora del Instituto Tecnológico de Villahermosa en Tabasco, es ingeniera civil y maestra en ingeniería y protección ambiental, obteniendo en el posgrado el mejor promedio de su generación y el grado con mención honorífica, cuenta con cuatro solicitudes de patente ante el IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial). Ha sido asesora de proyectos innovadores que han ganado a nivel nacional desde 2004 y han representado a México en el mundial de ciencias 2011 en Bratislava Eslovaquia, en 2012 gana la acreditación internacional en Asunción Paraguay y representó a México en el mundial de ciencias en Abu -

Dhabi Emiratos Árabes Unidos en 2013. Es la Directora de la tesis de licenciatura que gana el segundo lugar a nivel nacional en el área de hidráulica otorgado por la Asociación Mexicana de Hidráulica en el 2013, con el proyecto SIPPAA (Sistema Prefabricado de Paneles Amigables con el Ambiente representó a Tabasco en Tunjá Colombia en 2014, ganando el máximo galardón, además la empresa CEMEX le otorga el segundo lugar nacional con este proyecto de innovación en 2014. Es la asesora de los dos proyectos ganadores en Jóvenes hacia la investigación edición uno y dos. Le ha publicado artículos la Universidad de Girona, en un libro la Universidad de Málaga y regularmente publica en la revista Kuxulkab. Es conferencista a nivel nacional e internacional.

El C. **Ricardo Díaz Palacios** es alumno del instituto Tecnológico de Villahermosa del 5to semestre de la carrera de ingeniería civil, Ganador de Expo Ciencia Tabasco 2014 en el área de ciencias de la ingeniería.

El C. **Juan Bernardo López Arévalo** es alumno del Instituto Tecnológico de Villahermosa del 6to semestre de la carrera de ingeniería civil.

El C. **Raymundo del Ángel García** es alumno del Instituto Tecnológico de Villahermosa del 9no semestre de la carrera de ingeniería civil.

# Análisis para proponer la implementación de sucursales que le den un tratamiento a los neumáticos de desecho, en el territorio mexicano

Juan Bernardo López Arévalo<sup>1</sup>, MAC. Adriana Pérez Castillo<sup>2</sup>,  
LIA. Loyda Sánchez Marín<sup>3</sup>, Cristian Eliel López Arévalo<sup>4</sup>,  
Ricardo Díaz Palacios<sup>5</sup>, Raymundo del Ángel García<sup>6</sup>. MIPA. Noemí Méndez de los Santos<sup>7</sup>.

**Resumen**— El objetivo principal fue determinar la importancia de implementar nuevas plantas recicladoras de caucho de desecho en los estados de la república mexicana que aún no cuentan con este servicio, se ha desarrollado una análisis sobre la existencia de empresas que ofrecen este servicio actualmente y a la vez la producción de este desecho para saber si hay factibilidad de la implementación, teniendo como resultado reducir el costo de traslado dentro la república mexicana, ofreciendo una solución a este desecho reduciendo el impacto ambiental de manera local en diferentes estados del país y así optimizar la productividad de caucho reciclado para su uso en la construcción.

**Palabras clave**— Neumáticos de desecho, Construcción, Traslado, Producción.

## Introducción

Cifras de la Asociación Nacional de Distribuidores de Llantas (Andellac) revelan que México genera al menos 25 millones de llantas inservibles y desechadas anualmente, de los de los cuales nueve de cada diez terminan en diversos tiraderos de basura o depósitos clandestinos, que sumadas a las que se importan, legal o ilegalmente, de los Estados Unidos de América, significan más de 250 millones de toneladas de llantas desechadas, El término correcto para las llantas de desecho es neumáticos fuera de uso (NFU) y técnicamente son los neumáticos que han cumplido con su vida útil. Se estima que el 91% de los NFU se desechan sin control alguno, 5% es renovado, 2% se utiliza como combustible y 2% se recicla (ver figura 1).

Fuente: Recimex®



Figura. 1. Destinos de los N.F.U. Fuente: Elaborada por autores

Mientras países europeos como Alemania, Francia, Austria reciclan hasta el 60% por ciento de sus llantas usadas, en México prácticamente no existe tal reciclado, debido a la escarza conciencia ambiental y a un casi inexistente sistema de control y de mecanismos necesarios para el correcto tratamiento/recuperación de llantas fuera de uso

<sup>1</sup> Juan Bernardo López Arévalo es estudiante del Instituto del Instituto Tecnológico de Villahermosa, Tabasco. [bernardo\\_lopez94@hotmail.com](mailto:bernardo_lopez94@hotmail.com); Tel. 9932181896.

<sup>2</sup> MAC. Adriana Pérez Castillo es Profesora de tiempo completo del Instituto Tecnológico de Villahermosa, Tabasco.

<sup>3</sup> LIA. Loyda Sánchez Marín es Profesora de asignatura del Instituto Tecnológico de Villahermosa, Tabasco.

<sup>4</sup> Cristian Eliel López Arévalo es estudiante del Instituto del Instituto Tecnológico de Villahermosa, Tabasco. [Cristian\\_leo.94@hotmail.com](mailto:Cristian_leo.94@hotmail.com);

<sup>5</sup> Ricardo Díaz Palacios es estudiante del Instituto del Instituto Tecnológico de Villahermosa, Tabasco. [ricardo10diaz@hotmail.com](mailto:ricardo10diaz@hotmail.com);

<sup>6</sup> Raymundo del Angel Garcia es estudiante del Instituto del Instituto Tecnológico de Villahermosa, Tabasco. [Ray\\_rag@hotmail.com](mailto:Ray_rag@hotmail.com);

<sup>7</sup> MIPA. Noemí Méndez de los Santos es Profesora investigadora de tiempo completo del Instituto Tecnológico de Villahermosa, Tabasco. Profesora de asignatura de la Universidad Olmeca. [mimilla6566@hotmail.com](mailto:mimilla6566@hotmail.com); Tel. 99 32 79 30 24

(N.F.U). Existen alrededor de dieciocho millones de vehículos circulando en la república mexicana, tanto públicos como privados, las llantas que son desechadas en pozos a cielo abierto provocan problemas muy graves para la salud de los habitantes y de nuestros ecosistemas. Las llantas incendiadas de manera accidentales o intenciones en los tiraderos emiten grandes cantidades de humos tóxicos que pueden ser mortales para nuestra salud y el medio ambiente (Ver figura 2), en época de lluvias reservan agua, principal causante de la proliferación de mosquitos transmisores del dengue, la malaria y el paludismo, entre otras (Ver figura 3).



Figura 2. Incendio de neumáticos  
Fuente: [www.dogguie.net/tag/contaminacion/](http://www.dogguie.net/tag/contaminacion/)



Figura 3. Neumáticos estancados entre agua  
Fuente: [www.elmanana.com.mx/noticia/](http://www.elmanana.com.mx/noticia/)

Por estos motivos es que es de gran importancia encontrar maneras de reutilizar los neumáticos, y una manera es triturándolos hasta lograr un fino, con el cual se busca una mejor manejabilidad para su reutilización, lo cual es posible ya que las llantas están compuestas por 3 materiales, los cuales son: alambres de acero, elastómeros mejor conocido como goma, y fibras textiles, todos estos son materiales que a partir de su reducción, pueden ser utilizados en nuevos procesos productivos.

Para poder reciclar los materiales que conforman las llantas, es necesario que estas se sometan a los siguientes procesos:

Destalonamiento: es la remoción de los alambres de acero

Trituración: es la reducción volumétrica de la llanta entera a trozos mas pequeños, esta operación esta compuesta por dos fases: ña trituración primaria y la trituración secundaria.

Granulación primaria: es la reducción volumétrica de los trozos de llantas (provenientes de las fases de trituración) en granos.

Granulación secundaria (refinar el grano): para obtener un grano aun mas fino y seleccionar los granos en base a su tamaño.

Desmetalizado (separación magnética del acero): esta es una unidad que se emplea para separar el fierro de los demás materiales.

Aspiración de polvos (limpieza): son los sistemas de extracción para la aspiración de polvos de tela y de goma.

Es gracias a los procesos de la planta recicladora que se logra la separación de las llantas en 4 componentes. Figura 4



Granos de diferentes granulometrías.

Fibras textiles

Polvos

Alambres de acero

Concepcionando que cumplir todos los requisitos sanitarios, de seguridad y calidad necesarios para este trabajo. Una  
Fuente: Andehac

planta con estas características tiene dos mil metros cuadrados de parte techada y solo se requiere cuatro trabajadores por turno. Consta de dos trituradoras de diez y cuatro toneladas, dos granuladores, una sección de pulverizado, otra de desmetalizado, otra de aireado y redes de vibratorias y la sección de empaclado.

Cabe mencionar que los costos de implementación de una planta recicladora de neumáticos varía según el proceso elegido y el volumen de llantas a procesar. De hecho, el costo se puede reducir hasta en un 85% si se les hace las adecuaciones para dejarla con los implementos básicos. Por otro lado, es posible conseguir trituradoras que oscilan entre \$250,000 y \$500,000 para obtener partículas de dos pulgadas. Se estima que de las llantas de desecho...

- 5% es renovado
- 2% se utiliza en generación de energía
- 2% se deposita en centros de acopio autorizados
- 91% se abandona o se utiliza sin control

### Justificación

En Puebla 335,000 mil llantas inservibles son desechadas anualmente y 9 de cada 10 llantas son arrojadas a tiraderos clandestinos y a cielo abierto, cuando terminan su vida útil, con lo que se incrementa alarmantemente los índices de contaminación. En Junio del 2011, con una inversión de entre 200 y 300 mil dólares, la empresa de reciclado de llantas TireChip se puso a andar en Cuautlancingo, Puebla; con lo cual se intenta bajar los niveles de contaminación que son producidas con la quema clandestina de neumáticos desechados, además tendrá la capacidad de reciclar un millón de llantas anuales con lo que se crearan alrededor de 50 mil toneladas de llancreto al mes, con lo cual generara en su inicio 20 empleos directos y 5 indirectos.

TireChip estableció una alianza con Cementos Mexicanos (Cemex) para que las banquetas y pisos de la planta de Motores Silao, Guanajuato, sean construidas con esa tecnología que ocupa las llantas desechadas para crear el nuevo material, conformadas con chip de caucho y concreto denominado llancreto.

“TireChip ha desarrollado una tecnología nacional que permite reciclar el hule de las llantas” (Uli Thoma, 2011).

### Descripción del Método

- Identificar en las regiones de México los lugares donde hace falta instalar una planta de tratamiento de neumáticos, probablemente no se podrán instalar una en cada estado, pero si en regiones claves, donde la demanda de desecho de neumáticos es mayor (ver figura 5).



Figura 5. Regiones de la República Mexicana

Fuente: Wikipedia.org

- Se identificó que un 37% de las regiones de México, cuentan con una planta de tratamiento de neumáticos vigentes, y en actualmente funcionando. Se puede observar que las mayorías de estas empresas están en la parte

centro sur del territorio mexicano, lo que implica que en esas zonas hay un mayor descuido de la gente en desechar esta materia prima, y por ende un mayor aprovechamiento para estas empresas activas (ver figura 6).

#### Regiones de la republica mexicana que cuentan con plantas de reciclado de neumaticos

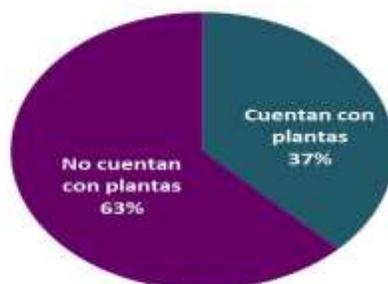


Figura 5. Porcentajes de plantas en la Republica  
Fuente: Creada por autores

**“Si hubiera una planta en cada uno de los 32 estados de la república, directamente instaladas donde se encuentran como basura, se agotarían los 40, 000,000” (Víctor Pagaza).**

#### Objetivo(s)

##### Objetivo General

Análisis para la implementación de nuevas plantas recicladora de neumáticos fuera de uso, en los 32 estados de la república mexicana.

##### Objetivos Especificos

- Disminuir la cantidad de este desecho.
- Bajar los niveles de gases de efecto invernadero causado por la quema de llantas.
- Disminuir el costo de traslado entre regiones en el territorio mexicano.
- Aumentar la productividad y la utilización del caucho reciclado para su uso en la construcción.

#### Resultados

En base a estos resultados de esta investigación documental determinamos que hay que implementar más plantas de tratamiento de neumáticos de deshecho, en las regiones del sur y oriente del país debido a que no cuentan con estos servicios, ya que la mayoría de estas innovadoras plantas recicladoras se encuentran en el centro y norte del país, los resultados demuestran que solo una minúscula porción del total de los neumáticos que han terminado su vida útil tienden a ser tratados para su reciclado o su reutilización.

#### Comentarios Finales

A pesar de que no es sencillo el reciclaje mecánico de los neumáticos fuera de uso, representa una buena oportunidad de negocios ya que existe bastante materia prima y no cuesta nada al ser un residuo de la sociedad y con la implementación de nuevas plantas se obtiene una generación de empleos en la región. El nuevo producto reciclado tiene un sin número de usos en la industria de la construcción por ejemplo: Carpetas asfálticas, Superficies deportivas, Impermeabilizante y drenajes de agua, Losetas, azulejos y pisos.

Es indispensable crear conciencia en el daño que nos causa esta materia prima al ser abandonada, o destruida de manera inadecuada, ya que de gran importancia bajar las emisiones que provoca esta materia al ser desechada al medio ambiente, con esto mismos nosotros damos una nueva perspectiva al futuro de México, de ser un país un cierto ecologista, con una visión diferente de reutilizar materias primas, este sería quizás el inicio o un pequeño paso

para las nuevas ideas de la reutilización, nuevas empresas podrían darse a conocer con el logo ecologista, ya que este es un abundante campo que tiene la capacidad de traer muchos beneficios, y no solo a la compañía responsable si no a la población de México.

### Referencias

- [http://www.neohabitat.com.mx/Introduccion\\_ES.html](http://www.neohabitat.com.mx/Introduccion_ES.html)
- <http://www.recimex.com.mx/blog/>
- <http://www.cnnexpansion.com/manufactura/2011/07/25/mexico-se-rezaga-en-reciclaje-de-llantas>
- <http://www.tiendaverde.com.mx/reciclar-llantas/>
- <http://www.bionero.org/econegocios/llancreto-reciclado-de-llantas-para-un-asfalto-ecologico>
- <http://www.tirechip.com.mx/>
- <http://www.vivoenitalia.com/linea-de-reciclaje-de-llantas-usadas/>

## ¿Qué factores influyen en la elección de las plantas sembradas en humedales artificiales?

Eric Manuel López Graniel<sup>1</sup> Est., Est. Jaime Arturo Gutiérrez Calva<sup>2</sup>, Est. Mario Alcidez Trejo Acosta<sup>3</sup>, Est Gisselle de la Cruz Rosado<sup>4</sup> y Mipa. Noemí Méndez de los Santos<sup>5</sup>

**Resumen**—Hoy en día existen una diversidad de sistemas de tratamiento de aguas residuales, más sin embargo en los últimos años los procesos biológicos han demostrado ser los más eficientes en cuestiones de costos en el que impactan sus medios de mantenimiento. Es por eso que en esta investigación se desea presentar la importancia de escoger en forma adecuada las plantas sembradas en humedales ya que por sus características han demostrado ser eficientes y eficaces. Se consideraron junto con las demandas de la calidad del efluente los siguientes factores: tamaño de la planta, altura sobre el nivel del mar, características del agua residual (DBO, nutrientes, temperatura, etc.), características del suelo, nivel freático, costos del terreno, área del terreno disponible, costos de energía eléctrica, capacidades del personal que construye, opera y mantiene la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), posibilidades y condiciones para el depósito de los desechos de la planta, nivel socio-económico de la población (Wolfgang, 2013)

**Palabras clave**— *plantas hidrófilas, agua residual, bacterias, humedales, medio filtrante*

### Introducción

Para el año 2000, el 4 % de 2255 artículos científicos desarrollados a partir de estudios relacionados con sistemas de tratamientos de aguas residuales, hacían referencia a humedales construidos, según esta revisión bibliográfica, alrededor del 33 % de estas investigaciones, abordaron aplicaciones con plantas acuáticas, aun así, las plantas acuáticas o macrófitas, no han sido muy estudiadas como sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales, no obstante, es ampliamente conocida su destacada habilidad para la asimilación de nutrientes y la creación de condiciones favorables para la descomposición de materia orgánica. Estas características hacen propicias a las macrófitas para su uso en sistemas de tratamientos de aguas residuales (Lara, 2012).

El papel de la vegetación en los humedales está determinado fundamentalmente por las raíces y rizomas enterrados. Las plantas son organismos foto autótrofos, es decir que recogen energía solar para transformar el carbono inorgánico en carbono orgánico, tienen la habilidad de transferir oxígeno desde la atmósfera a través de hojas y tallos hasta el medio donde se encuentran las raíces, este oxígeno crea regiones aerobias donde los microorganismos utilizan el oxígeno disponible para producir diversas reacciones de materia orgánica y nitrificación (Arias, 2004).

### Descripción del Método

Toda la información recopilada en este artículo está basada en artículos científicos, tal ejemplo es la del doctor Wolfgang, que nos indica que dada la existencia de una diversidad de sistemas de tratamiento de aguas residuales, ve por orientar en la toma de decisiones a profesionales del sector, así como a sus autoridades, proporcionando los elementos fundamentales, que permitan implementar estas tecnologías que involucren conceptos para que las obras sean sostenibles tanto técnica como económicamente, con la mayor preservación del medio ambiente.

Y nos explica con fundamentos científicos determinar el sistema más apto, se tiene que considerar -junto con las demandas de la calidad del efluente- los siguientes factores:

---

<sup>1</sup> Eric Manuel López Graniel es estudiante de 6º Semestre, de la carrera de Ingeniería Civil en el ITVH, Tabasco, [AIERSA\\_06@hotmail.com](mailto:AIERSA_06@hotmail.com) (autor corresponsal)

<sup>2</sup> Jaime Arturo Gutierrez Calva es estudiante de 6º Semestre, de la carrera de Ingeniería Civil en el ITVH, Tabasco, [calva\\_champion@hotmail.com](mailto:calva_champion@hotmail.com)

<sup>3</sup> Mario Alcidez Trejo Acosta es estudiante de 6º Semestre, de la carrera de Ingeniería Civil en el ITVH, Tabasco.

<sup>4</sup> Gisselle de la Cruz Rosado es estudiante de 6º Semestre, de la carrera de Ingeniería Civil en el ITVH, Tabasco.

<sup>5</sup> Mipa. Noemí Méndez de los Santos es jefa de proyectos de investigación del Departamento de ciencias de la tierra del ITVH, Tabasco. [mimilla6566@hotmail.com](mailto:mimilla6566@hotmail.com)

- Tamaño de la planta
- Altura sobre el nivel del mar
- Características del agua residual (DBO, nutrientes, temperatura, etc.)
- Características del suelo
- Nivel freático
- Costos del terreno
- Área del terreno disponible
- Costos de energía eléctrica
- Capacidades del personal que construye, opera y mantiene la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)
- Posibilidades y condiciones para el depósito de los desechos de la planta
- Nivel socio-económico de la población

Un hecho importante, especialmente en climas templados, es la capacidad de aislamiento térmico de las macrófitas.

En invierno, la capa de tejido muerto que cubre la superficie protege del frío y por lo tanto de las disminuciones de temperatura del agua residual.

Por último, las macrófitas pueden proveer hábitat para la vida salvaje y dar una apariencia agradable a los sistemas de tratamiento de aguas residuales, según la especie escogida.

#### VENTAJAS DE LAS MACRÓFITAS

- Mantienen la capacidad hidráulica del suelo; su actividad mecánica permite desplazar el suelo y romper las capas colmatantes. La muerte de raíces favorece el desarrollo de túneles que facilitan el flujo a largo plazo.
- Transfieren gases entre la atmósfera y los sedimentos. El escape de oxígeno desde las estructuras subsuperficiales de las plantas oxigena otros espacios dentro del sustrato.
- Retienen y procesan los nutrientes y numerosos productos que puede incorporar a sus ciclos metabólicos.
- Los sistemas de raíz dan lugar a sitios para la fijación de microorganismos: En climas fríos, la acumulación de detritos vegetales sobre el lecho de grava.
- Proporciona un aislamiento térmico que es útil durante los meses de invierno.
- Estabilizan el sustrato y limitan la canalización del flujo. - El tallo de los sistemas de la raíz dan lugar a sitios para la fijación de microorganismos.

Estas plantas tienen la capacidad de purificar el agua mediante la asimilación directa de nutrientes, especialmente el nitrógeno y el fósforo, que son retirados del medio e incorporados al tejido vegetal, siendo éstos también, los principales contaminantes de la eutrofización de los cuerpos de agua. Las macrófitas son capaces de transportar oxígeno en grandes cantidades desde los tallos hacia sus raíces y rizomas, donde es utilizado por los microorganismos heterótrofos que crecen sobre ellos, en forma de una biopelícula, los que también contribuyen a la reducción de la contaminación a través de procesos aeróbicos de degradación (ver figura 1).



Imagen 1. Tule (*Schoenoplectus* spp.), Carrizo (*Phragmites* spp.), Espadaña (*Typha* spp.) correspondientemente.

DESCRIPCIÓN	BENEFICIO
<p>Es un género con distribución cosmopolita, que crece en humedales y suelos húmedos. Algunas especies se hallan adaptadas a salinidad, medios pantanosos, algunas prefieren bordes de canales, lagos y lechos de ríos. Tienen hojas tipo gramíneas, e inflorescencias en panojas o espigas, frecuentemente pardas. Algunas especies (por ejemplo, <i>S. lacustris</i>) alcanzan alturas de hasta 3 m. Otras, como <i>Scirpus supinus</i>, son mucho más pequeñas, con solo 20 a 30 cm de altura.</p>	<p>El tule cumple una importante función ecológica en las riberas de los lagos y estanques, sirviendo de defensa contra los embates del viento y las olas, permitiendo el crecimiento de otras plantas, brindando criaderos a la fauna lacustre y evitando la erosión. En ocasiones se les erradica de los arroyos y canales mediante herbicidas, pero se les siembra en zonas estratégicas para evitar la erosión.</p> <p>Además de asimilar hasta cierto punto, todos los constituyentes del agua considerandos como contaminantes, estas se han empleado en la detección y remoción de sustancias en efluentes de aguas residuales domesticas e industriales.</p>
<p>Tiene una distribución cosmopolita y subcosmopolita. Geófito. Suele habitar suelos húmedos y orillas de cursos de agua y lagunas. En ríos se encuentran fundamentalmente en los tramos más bajos, en los que la velocidad del curso de agua les permite enraizar.</p> <p>Puede soportar bastante bien nieveles moderados de salinidad en el agua y en el suelo, necesitando suelos encharcados hasta profundidades de 5 dm, por lo que es posible encontrarlo en las proximidades de marismas y zonas más salobres.</p>	<p>Plantar Carrizo, que a través de sus raíces absorbe los metales pesados existentes en el fondo marino, siendo asimilado por la planta, evitando así que llegue a la cadena alimenticia, pues al cortar la planta, se extrae con ella los metales pesados contaminantes.(ledo, 2015)</p> <p>Es una planta que se extiende por la mayor parte del planeta y se cría en terrenos pantanosos e inundables como colas de pantanos y presas, así como en los bordes de cursos de agua lentos, desde el nivel del mar hasta los 1500-1600 metros de altitud, pudiendo formar extensas cubiertas vegetales, llamadas carrizales. Actualmente el mayor uso del carrizo, de fácil reproducción por división de la planta, es el ornamental y ecológico, tanto para servir de refugio a la fauna silvestre, como para fijar terrenos inundables y con riesgos de erosión.</p>
<p>La especie vegetal <i>Typha latifolia</i>, también conocida como espadaña, pertenece a la familia de las Typhaceae, son plantas herbáceas perennes rizomatosas (con tallo subterráneo de varias yemas, que crece de manera horizontal emitiendo raíces y nuevos brotes), con largas hojas verdes y flores de forma de salchicha en su parte apical. En su estado adulto alcanzan alturas entre 3.5–4.0 m. Las plantas de la especie <i>latifolia</i> poseen una inflorescencia que no presenta separación entre el polen y el pistilo, mientras que las de la especie <i>domingensis</i> presentan un tramo desnudo en el eje entre el polen y el pistilo de entre 1 a 8 cm</p>	<p>Las plantas de <i>Typha</i> siempre se encuentran en o cerca del agua, en pantanos, pozos y lagos. Son plantas indicadoras por excelencia de la salud de los humedales. Pueden tolerar inundaciones estacionales, pobres condiciones de suelo y salinidad moderada. Con grandes afluentes de nutrientes o aguas naturales, las espadañas son invasoras agresivas (USDA-NRCS, 2006).</p> <p><i>Typha</i> se ha utilizado en la preservación de hábitats y en la restauración de humedales. Sin embargo, el uso de esta planta en sistemas acuáticos preservados puede favorecer la invasión de canales, reservorios, campos de cultivos, etc. La planta puede producir efectos nocivos en lagos con fines de recreación, reducir la biodiversidad y desplazar especies deseables en ciertos hábitats (Tejeda, 2010).</p>

Fuentes: Tejeda 2010, USDA-NRCS, 2006, ledo, 2015

Tabla 1. Generada de la revisión bibliográfica.

La remoción de elementos tóxicos del agua requiere de procesos eficientes y de bajo costo. En los últimos años se ha presentado un auge en los sistemas de humedales para remover contaminantes específicos como nutrientes y tóxicos orgánicos e inorgánicos. Su principal ventaja radica en una atractiva relación costo–efectividad–beneficios por sobre otros tipos de tratamientos. Sin embargo, entre las limitantes que pueden presentarse con el uso de

humedales se encuentran el requerimiento de una gran superficie para su construcción, la inconsistencia de su capacidad de remoción y el hecho de necesitar una mínima y perenne cantidad de agua para la supervivencia del material vegetal que se encuentre en él (USEPA, 1998).

Con el estudio del funcionamiento de los humedales se comprobó que éstos eran capaces de remover, además de contaminantes principales como nitratos, nitritos, fosfatos y materia orgánica, otros tipos de contaminantes tales como metales y compuestos orgánicos, en donde se sabe que las plantas son responsables de la remoción de una fracción de éstos. Sin embargo, la escasa información existente sobre la capacidad de los humedales para “extraer” de la columna de agua la gran gama de contaminantes y los procesos involucrados en tal remoción, ha generado un particular interés en la evaluación de los humedales construidos para determinar su efectividad y conocer los procesos encargados del tratamiento de las aguas residuales.

La fitorremediación se define como “el uso de plantas, incluyendo árboles y pastos, para remover, destruir o secuestrar contaminantes peligrosos del aire, agua, suelo, residuos sólidos y líquidos” (Tejeda, 2010).

La fitorremediación es una tecnología que utiliza diversos procesos y mecanismos de las plantas para acumular, complejar, volatilizar o degradar contaminantes orgánicos e inorgánicos (Cherian y Oliveira, 2005).

Pilon-Smits en 2005 dio a conocer algunas ventajas de la fitorremediación con respecto a otras metodologías de remoción de metales:

- a) ayuda a disminuir el riesgo asociado a los contaminantes en el ambiente.
- b) es una tecnología de bajo costo.
- c) mejora la calidad y restablece la funcionalidad cuando se aplica a la remediación de suelos.

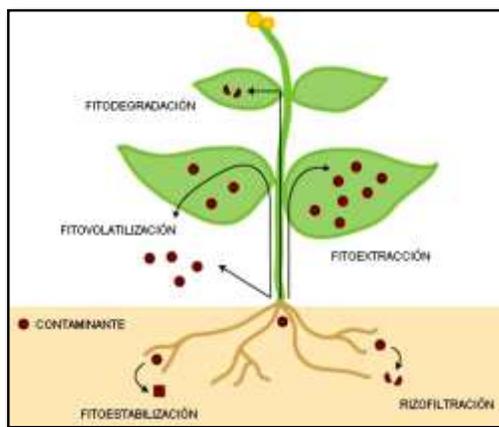
Algunas desventajas de la metodología incluyen:

- a) requiere de períodos largos de tiempo.
- b) las plantas deben poseer tolerancia a los tóxicos a remover.
- c) la biomasa contaminada requiere de ser tratada y confinada

La tecnología de la fitorremediación puede ser aplicada en sustratos sólidos, líquidos o gaseosos. Entre los ejemplos de suelos y sedimentos que han sido fitoremediados se encuentran complejos militares (TNT, metales y compuestos orgánicos), campos agrícolas (herbicidas, pesticidas, metales y arsénico), sitios industriales (compuestos orgánicos, metales y arsénico) y minas (metales) (Salt, et al, 1998)

Entre los tipos de aguas que pueden ser fitorremediadas se encuentran las municipales (nutrientes, metales), escorrentías y drenaje agrícola (nutrientes, metales, arsénico, boro, selenio, pesticidas orgánicos y herbicidas), agua residual industrial (metales, selenio, arsénico) y drenaje ácido de minas (metales) (Tejeda, 2010).

La fitorremediación puede ser aplicada tanto a contaminantes orgánicos como inorgánicos. Sin embargo, a diferencia de los contaminantes orgánicos, los metales no pueden ser degradados a formas más simples, por lo tanto, las estrategias de fitorremediación para metales (ver Figura 2) están basadas en la estabilización (inmovilización/adsorción), la acumulación (extracción) y, en algunos casos, la volatilización de elementos como el mercurio o el selenio (Tejeda, 2010).



Fuente: (Pilon-Smits, 2005).

Figura 2. Mecanismos de remoción de contaminantes en las plantas.

En los humedales, las plantas pueden remover y acumular metales de la solución por fitoextracción. Sin

embargo, los metales también pueden ser precipitados o eliminados de la solución por intercambio iónico o por adsorción sobre compuestos orgánicos e inorgánicos (Manios, et al, 2003).

La tecnología basada en el uso de humedales para remover metales puede tener dos propósitos: 1) estabilizar los contaminantes, 2) remover los contaminantes. La primera tiene el propósito de reducir la movilidad, biodisponibilidad y/o toxicidad del contaminante, es decir se basa en la fitoinmovilización y en la fitoestabilización del contaminante. La segunda se basa en la extracción del contaminante del medio donde se encuentra y su bioacumulación en las plantas (fitoextracción).

Ciertas especies de plantas pueden tolerar mejor a los metales debido a que cuentan con mecanismos celulares de respuesta que incluye entre uno de sus componentes principales la biosíntesis de glutatión (GSH), el cual juega un papel importante en la detoxificación de metales pesados, El GSH también es un precursor directo de fitoquelatinas (PCs), que estructuralmente corresponden a formas poliméricas de glutamato y cisteína, y que desempeñan un papel determinante en los procesos de acomplejamiento y detoxificación de iones metálicos (LeDuc y Terry, 2005).

Las especies de plantas que se seleccionan para la fitorremediación se basan en su potencial para evapotranspirar agua del subsuelo, en sus altos índices de crecimiento y desarrollo, la profundidad de su zona radicular pero sobre todo en su habilidad para bioacumular contaminantes del medio (Tejeda, 2010). Las especies fitorremediadoras más usadas en los humedales son las plantas emergentes de las familias Scirpus, Efocharis, Ciperus, Juncus, Phragmites y Typha, ya que además de poseer las características antes mencionadas, también cumplen con los requerimientos de tolerar inundación continua y una exposición a concentraciones elevadas y a veces variables de contaminantes. (Tejeda, 2010).

#### *Resumen de resultados*

Los resultados obtenidos en esta investigación es de un conocimiento amplio de la importancia del saber acerca de los criterios a tomar en cuanto a la selección de las plantas de un humedal, y cuanto influye la decisión que se elija en cuanto al diseño del humedal, y también se conoció mas a profundo los procesos que se realizan en estos sistemas que son basados en sistemas naturales pero modificados y mejorados para un beneficio amplio y económico.

#### *Conclusiones*

*Se verifico que las plantas mencionadas en este artículo son eficaces en cuanto a la remoción de materiales orgánicos e inorgánicos, así como lo son los metales pesados que son un caso especial], ya que no es fácil su remoción de las aguas, pero se comprobó que las plantas mencionadas son capaces de remover gran cantidad de estos metales pesados, la mayoría de las veces por completo, tomando encuentra que se tarda en tiempo en la remoción, por su alto grado de dificultad de remoción, pero a como estudiamos estas plantas tienen un sistema especial con cual se definen de las demás.*

*Con el conocimiento adquirido a través de esta investigación se concluye que los trabajos futuros en donde se pretenda remover metales pesados en mezcla, se realicen con sistemas mixtos de humedales distribuidos en varias celdas, en donde se coloquen diferentes especies de plantas en cada una de ellas, para la remoción escalonada de cada uno de los elementos, ya que se ha comprobado que existe especies de plantas con una capacidad específica de remoción para ciertos elementos tóxicos.*

#### *Recomendaciones*

*Las recomendaciones son probar las plantas en sistemas críticos en los cuales las plantas sean puestas a pruebas en aguas muy contaminadas para estudiar su comportamiento ante ciertos contaminantes y como se adapta, en su caso.*

*También que en un humedal no solo se basa en la elección de la planta sino que también se debe reconsiderar el diámetro de las tuberías y el tipo de válvulas que controlan los flujos del afluente y el efluente para una medición más precisa de los gastos de entrada y salida, ya que los diámetros utilizados fueron excesivos para el flujo utilizado en la experimentación, y el tipo de válvula no permitió el control preciso de los gastos.*

*Para incrementar el porcentaje de cobertura vegetal en el humedal y favorecer el desarrollo radicular de las plantas se requiere incrementar el período de adaptación y crecimiento de las plantas.*

***Referencias bibliográficas.***

Cherian, S., M. M. Oliveira. Transgenic plants in phytoremediation: recent advances and new possibilities. 2005. Environmental Science and Technology. 39(24): 9377 – 9390.

Jaime A. Lara Borrero, “Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte” Director Maestría en Hidrosistemas, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá-Colombia. 10-may-2012

Manios, T., E. I. Stentiford, P. A. Millner. The effect of heavy metals accumulation on the chlorophyll concentration of Typha latifolia plants, growing in a substrate containing sewage sludge compost and watered with metaliferous water. 2003. Ecological Engineering. 20: 65 – 74.

Pilon-Smits, E., M. Pilon. Phytoremediation of metals using transgenic plants. 2005. Critical Reviews in Plant Science. 21(5): 439 – 456.

Salt, D. E., R. D. Smith, I. Raskin. Phytoremediation. 1998. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 49: 643 – 668.

Tejeda G. J. C. “Diseño de un humedal para la remoción de CD, AS Y CR con plantas de typha latifolia (espadaña)” Tesis; Universidad autónoma de San Luis Potosí, Mayo de 2010.

United States Environmental Protection Agency. A Handbook of Constructed Wetlands: a guide to creating wetlands for agricultural wastewater, domestic wastewater, coal mine drainage, stormwater in the Mid-Atlantic Region. 1998.

Dr.-Ing. Wolfgang Wagner, “Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual” ANESAPA; Octubre 2013

# LEAN MAINTENANCE FACTOR IMPORTANTE PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS EN LAS INDUSTRIAS

Ing. Miguel Magdaleno Flores, [miguelmagdalenof@hotmail.com](mailto:miguelmagdalenof@hotmail.com), Dr. Jorge Luis Castañeda Gutiérrez,  
[mia@itamail.itapizaco.edu.mx](mailto:mia@itamail.itapizaco.edu.mx), Dr. José Federico Casco Vásquez, [jfcasco2001@gmail.com](mailto:jfcasco2001@gmail.com)

## RESUMEN

Gran porcentaje de éxito en las industrias se deriva de la confiabilidad en la operación de sus equipos críticos, los cuales son los responsables de suministrar los servicios principales, de manufactura, energía eléctrica, presión neumática, presión hidráulica, sistemas de control, entre otros. Esta confiabilidad se consigue con el seguimiento correcto a un sistema de gestión de mantenimiento, lo que permite adoptar, con mayor facilidad, una metodología de administración, como Mantenimiento Esbelto (Lean Maintenance). Esta herramienta permite generar solución a problemas directamente ligados a las metas estratégicas de la empresa.

**PALABRAS CLAVE:** Mantenimiento esbelto, confiabilidad, equipo crítico.

## Introducción

En el sector industrial la mayoría de los incidentes de procesos resultan de errores o condiciones atribuidas a entendimiento inadecuado o falta de capacitación de la tecnología de los procesos, falta de procedimientos o incompletos u obsoletos, modificaciones no autorizadas a equipos o instalaciones, programas inadecuados de inspecciones o falta de ellos, ausencia de pruebas funcionales, inadecuado mantenimiento preventivo; estos son los factores que llevan a perder confiabilidad de los equipos e instalaciones.

Durante décadas la gestión del mantenimiento ha buscado el mejoramiento constante en la operabilidad y confiabilidad de los equipos, utilizando todos los recursos disponibles. Esta falta de control y seguimiento, en la administración del mantenimiento, a generado alto índice de incidentes y accidentes a los equipos, además de exponer la integridad física del personal y bajar los índices de producción.

El mantenimiento ha evolucionado en base a las exigencias de las industrias, considerando que las paradas por fallas de mantenimiento generan impactos en seguridad, ambiente, y producción.

Entonces se inicia con la importancia a la confiabilidad y mantenibilidad de los equipos, con el objeto de que los usuarios de las maquinas tuvieran menos problemas y que las labores de mantenimiento se minimizaran y fueran productivas “Mantenimiento Productivo” (Productive Maintenance = PM), por lo tanto la línea era dirigirse al “Mantenimiento Preventivo” (Maintenance Preventive = MP).

Con una visión de optimización y ahorro en las labores de mantenibilidad surge un nuevo pensamiento de mantenimiento productivo (PM), el japonés Seichi Nakajima desarrollo el sistema TPM (Mantenimiento Productivo Total), el cual hace énfasis en la importancia que tiene involucrar al personal de producción y al de mantenimiento

en labores de inspección, limpieza, lubricación, ajustes y otras tareas menores de mantenibilidad del equipo, lo cual logro grandes resultados y puede verse en las empresas de clase mundial.

En la década del 70, se desarrolla una técnica basada en el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Reliability Centered Maintenance) cuyo objetivo es, servir como herramienta de carácter estratégico para el control de la gestión de los activos físicos y así reducir costos, mejorar la producción y aumentar la capacidad de la empresa. (Dounce. 2006).

En medio de esta evolución se han desarrollado filosofías de mantenibilidad, como es el caso del mantenimiento esbelto, el cual une todas las filosofías más utilizadas de una manera práctica para su fácil implantación.

El mantenimiento esbelto se ha convertido en la nueva filosofía puesto que, agrupa todas aquellas estrategias y herramientas, que han sido pilar fundamental en la administración, planeación y ejecución del mantenimiento, entre las herramientas está el TPM, MCR, Six Sigma y Manufactura Esbelta. Todas estas herramientas bien utilizadas y coordinadas ayudan a mejorar la vida útil de los equipos y la calidad del bien o servicio producido.

### ***Justificación del estudio***

Derivado de la aplicación de un mantenimiento tradicional, se ha identificado la generación de altos costos en mantenimiento y producción, condiciones de riesgo para la seguridad del personal y de los equipos. Índices bajos de eficiencia, confiabilidad y disponibilidad en los equipos críticos. Por lo tanto, esta forma de trabajo actual, nos genera la oportunidad para la implementación de un mantenimiento esbelto, el cual asegure la eficiencia, confiabilidad y disponibilidad de los equipos críticos e instalaciones. Como consecuencia aseguraremos la integridad mecánica de los equipos, además de elevar los índices de producción.

### ***Alcance***

El alcance de la siguiente investigación es la implantación de la filosofía lean en el departamento de mantenimiento, en base a la metodología de Lean Six Sigma, para alcanzar índices aceptables de confiabilidad en la operación de los equipos críticos y de los procesos. En este trabajo de investigación, la aplicación de este modelo solo será en un equipo crítico, en el cual se demostrara la efectividad de la filosofía lean.

### ***Revisión al estado del arte***

Alrededor del año 1970, y a raíz del nuevo pensamiento de mantenimiento productivo (PM), el japonés Seichi Nakajima desarrollo el sistema TPM (Mantenimiento Productivo Total), el cual hace énfasis en la importancia que tiene involucrar al personal de producción y al de mantenimiento en labores de inspección, limpieza, lubricación,

ajustes y otras tareas menores de mantenibilidad del equipo, lo cual logro grandes resultados y puede verse en las empresas de clase mundial. (Duffuaa. 2002).

En la década del 70, se desarrolla una técnica basada en el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Reliability Centered Maintenance) cuyo objetivo es, servir como herramienta de carácter estratégico para el control de la gestión de los activos físicos y así reducir costos, mejorar la producción y aumentar la capacidad de la empresa. (Dounce. 2006).

La manufactura esbelta nace en los sistemas productivos japoneses, después de la segunda guerra mundial, con los Sistemas de Producción Toyota (SPT), y al extender su aplicación en otros procesos fue conformando lo que se conocería como la Producción Justo a Tiempo (JIT). (Dounce. 2006).

La Manufactura Esbelta es un conjunto de herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, al servicio y a los procesos, aumentando con esto el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere, reduciendo desperdicios y mejorando las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador.

La metodología Seis Sigma emergió del sector de comunicaciones de Motorola en 1987. Con el objetivo de eliminar todo tipo de defectos, estableciendo la meta Seis Sigma. Al implementar esta metodología con el apoyo total del presidente de la empresa, Motorola gano el premio nacional de calidad Malcom Baldrige en 1988 y en 2002. (Reyes. 2002).

Un proceso centrado en la especificación alcanza un nivel Seis Sigma si su desviación estándar cabe 12 veces entre los límites de especificación y produce una observación que excede el límite de observación, superior o inferior, por cada mil millones de observaciones. Tal como se muestra en la figura 1.

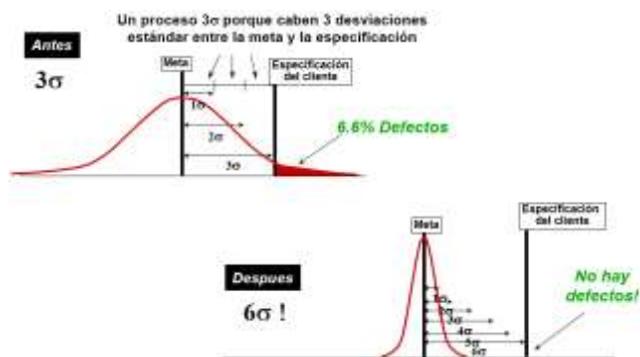


Figura 1: Proceso nivel Seis Sigma.

Fuente: 6 Sigma Academy Inc. 1995.

Lean Six Sigma es una fusión de dos filosofías de mejora y control, cada uno de estos enfoques hace un gran aporte a la mejora continua desde diferentes frentes; la disminución de defectos de forma estructurada en el caso de Six Sigma y el mejoramiento de flujos de procesos e información por medio de la Manufactura Esbelta. (Reyes. 2002).

Ahora como medir la confiabilidad en los equipos, esto puede lograrse con la ayuda de indicadores, medida cuantitativa, los cuales tienen como función principal evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones, equipos y componentes, permitiendo implementar un plan de mantenimiento orientado a perfeccionar dicha labor.

Entonces la confiabilidad es la probabilidad de que un sistema o equipo opere en forma satisfactoria por un periodo dado de tiempo cuando se utiliza bajo condiciones especificadas. (Duffuaa, 2002).

### Metodología de la investigación

El proceso metodológico para la elaboración de este proyecto, se desarrolla con la metodología DMAIC, como lo indica la figura 2.

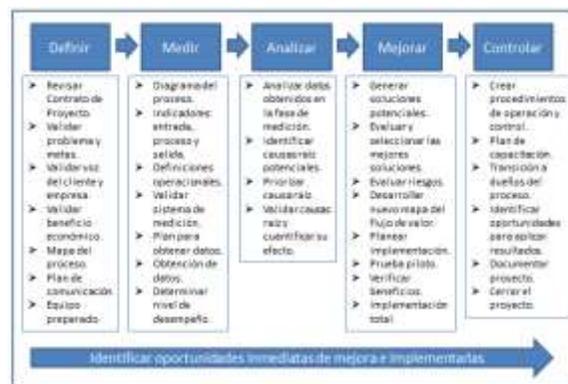


Figura 2: Metodología Lean Six Sigma DMAIC. Fuente: Cuellar, J. 2015.

La implementación de esta metodología deberá ser llevada en orden y considerando las recomendaciones de cada etapa.

**Definir:** Esta fase ayuda a aclarar las cuestiones del proyecto, para identificar las expectativas del cliente, para establecer metas y partes interesadas del proyecto designado. En este primer paso, es necesario centrarse en el proceso que genera el producto o servicio. Se propone definir la situación actual del proceso por medio de un mapeo de procesos.

**Medir:** Este es un paso, donde se lleva a cabo la recolección de datos sobre los parámetros medibles del proceso. El objetivo es determinar lo que es capaz de proporcionar el proceso en cuestión a saber, significa su nivel sigma. Durante esta etapa, es importante centrarse en los parámetros críticos de la calidad, es decir, aquellos cuya influencia en el resultado impacten fuertemente. Se definirán los puntos de control que se tendrán en los procesos y se asegura que sean los adecuados para que se tengan indicadores de entrada, de salida y proceso.

**Analizar:** Los datos obtenidos en el paso anterior se analizan para calcular los indicadores de desempeño, es decir, las diferencias entre lo que se hace todos los días y lo que puede lograrse. Por lo tanto, debemos estudiar los orígenes de la variabilidad del proceso y determinar la causa raíz. En esta etapa lo más importante es que se detectarán las

oportunidades de mejora, con la participación de los directivos, responsables del proceso y personal que ejecuta la actividad.

**Implementar:** En esta etapa, se evalúa un plan de acción que detalla la implementación de las soluciones elegidas. Implementar las mejoras identificadas por medio de la optimización de procesos para erradicar las causas que originan altos costos, tiempos muertos, inventarios innecesarios, entre otros. Se rediseñara el proceso y se realizará un diseño de experimentos para realizar el análisis estadístico.

**Controlar:** Este último paso es controlar el desempeño de los nuevos procesos, documentarlos y monitorearlos para asegurar que los defectos y problemas no se vuelvan a presentar. En esta etapa se establecerán los mecanismos para evitar errores y poder estandarizar nuestros procesos a fin de satisfacer permanentemente los requerimientos de nuestros clientes.

## Comentarios Finales

### *Conclusiones*

Actualmente el crecimiento y desarrollo de las industrias, desde la calidad del producto terminado, la funcionalidad en sus procesos, la prevención de fallas, la minimización de costos, entre otros, es el resultado de la correcta implementación de una metodología de mejora continua, en esta investigación, la metodología DMAIC de Lean Six Sigma. El desarrollo y aplicación de esta filosofía, en el departamento de mantenimiento, genera un alto índice en la confiabilidad de sus equipos críticos y como consecuencia la empresa se vuelve rentable y competitiva.

### *Recomendaciones*

La implementación de la metodología DMAIC requiere del completo compromiso de la empresa (desde la alta dirección hasta el personal operativo). Es recomendable que el personal del departamento de mantenimiento tenga el conocimiento en herramientas estadísticas y métodos de análisis de procesos, tales como: diseño de experimentos, Pareto, Hishikawa, 5S, entre otros.

## Referencias

- P. Groover Mikell. Tercera Edición. 2007. Fundamentos de manufactura moderna. Editorial McGraw-Hill.
- Dounce Villanueva Enrique. Primera Edición. 2006. Un enfoque analítico del mantenimiento industrial. Ceca editores.
- Liker, J.K. 2004. The Toyota Way. 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. McGraw Hill.
- Duffuaa Salih O. & Raouf A. 2002. Sistemas de mantenimiento planeación y control. Editorial Limusa Wiley.
- Higgins Lindley R. Cuarta Edición. 1988. Maintenance Engineering Handbook. McGraw-Hill International Edition.

Tariji Masaji & Gotoh Fumio. 1992. TPM Implementation. McGraw-Hill International Edition.

Nakajima Seiichi. 1989. TPM Development program Implementing Total Productive Maintenance. Productivity Press Editors.

# Aplicación de procesos de oxidación avanzada sobre el colorante Rojo de Alizarina S

Adriana Martínez Reyes<sup>1</sup>, Verónica Camargo<sup>2</sup>, Dra. Elba Ortiz<sup>3</sup>,  
Dr. Hugo Solís<sup>4</sup>, Dra. Sandra Loera<sup>5</sup>

**Resumen-** Para la degradación del colorante Rojo de Alizarina S se aplicaron dos POA'S; realizando soluciones con concentraciones iniciales de 100ppm en medio básico y neutro. Estas soluciones se sometieron a los procesos de Sonólisis, Fotocatálisis y combinado; estando en contacto directo con la solución del colorante con control de temperatura por debajo de los 35 °C y empleando como catalizador TiO<sub>2</sub> y una lámpara ultravioleta con longitud de onda de 254nm. Se obtuvo como resultado que la fotocatálisis en medio Básico se degradó el 89% y el proceso combinado en medio Neutro presentó un 37% de degradación. Se concluyó que la Fotocatálisis es más eficiente en la degradación del colorante.

## Introducción

El color en el agua es un contaminante. A pesar de que algunos de los colorantes parecen ser inofensivos, al momento de que se desechan los efluentes, contaminan visualmente el ambiente y no solo eso, sino que también afectan los ecosistemas mediante otros mecanismos; como la interferencia de la radiación solar que debe llegar a las plantas acuáticas para completar los procesos de fotosíntesis que mantienen con vida los mantos acuáticos conservando la flora y fauna que lo conforman. Otra razón de suma importancia para la degradación de estos colorantes es que los procesos de teñido consumen grandes cantidades de agua la cual es prioritario recuperar para su uso. La Industria Textil consume anualmente en el país un promedio de 18.5 millones de litros de agua, de los cuales 3.5 millones litros se emplean en el proceso de teñido. En el teñido con colorantes se utilizan entre 100-150 litros de agua por kilogramo de producto y en la tinción con colorantes reactivos va 125-150 litros de agua por kilogramo de producto. En los efluentes provenientes de la industria Textil se pueden encontrar sales, almidón, peróxidos, EDTA, tensoactivos, enzimas, colorantes, metales entre otros compuestos, los cuales provienen de las distintas etapas del proceso, principalmente de las etapas de:

- Desengomado (15%)
- Descrude y mercerizado (20%)
- Blanqueo, Teñido y Lavado (65%)

La etapa de desengomado es la que proporciona a los efluentes la mayor parte de la carga orgánica alrededor del 50% del total de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), (Mansilla, 2001).

### Toxicidad de los colorantes

Algunos de los colorantes textiles no son directamente tóxicos por los organismos vivos, sin embargo, la fuerte coloración que generan pueden llegar a suprimir el proceso fotosintético en el agua de descarga, por lo que la colaboración debe ser un parámetro a controlar en los efluentes (Mansilla, 2001).

Dentro de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-CCA-014-ECOL/1993) únicamente se menciona al color como parámetro particular de descarga. Cuyos límites máximos permisibles son establecidos por la Comisión Nacional del Agua.

Ciertos autores (Glaze, 1987) definen los procesos de oxidación avanzada (POA) como aquellos que, a temperatura y presión ambiental, generan radicales hidroxilo (OH•) en cantidades suficientes para producir la purificación del agua. Los radicales OH• atacan la mayor parte de las moléculas orgánicas y su baja

<sup>1</sup> La Ing. Claudia Adriana Martínez Reyes es egresada de la carrera de ingeniería química de la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, México. [adriana.martinezIQ@gmail.com](mailto:adriana.martinezIQ@gmail.com)

<sup>2</sup> La Ing. Verónica Camargo es egresada de la carrera de ingeniería química de la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, México. [bonejito.camargo@gmail.com](mailto:bonejito.camargo@gmail.com)

<sup>3</sup> La Dra. María Elba Ortiz Romero V. Profesora de Ingeniería Ambiental en la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco, México [mariaelbaortiz@gmail.com](mailto:mariaelbaortiz@gmail.com) (autor corresponsal)

<sup>4</sup> El Dr. Hugo Solís Correa Profesor de Ingeniería Química en la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco, México [hsoliscorrea@yahoo.com.mx](mailto:hsoliscorrea@yahoo.com.mx)

<sup>5</sup> La Dra. Loera Serna Sandra Profesora de Ingeniería Química en la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco, México [sls@correo.azc.uam.mx](mailto:sls@correo.azc.uam.mx)

selectividad los convierte en un excelente candidato en la oxidación de aguas residuales. Las principales ventajas de los POA'S son su flexibilidad frente a las variaciones de la calidad del efluente así como las pequeñas dimensiones del equipamiento.

Durante la aplicación de los métodos de tratamientos de agua se debe tener en cuenta fundamentalmente la naturaleza y las propiedades fisicoquímicas de los efluentes. El agua con carbón activado u otros adsorbentes, o por tratamientos químicos convencionales. Sin embargo, en algunos casos, estos procedimientos resultan inadecuados para alcanzar el grado de pureza requerido de acuerdo a normas ecológicas.

Por lo cual, se desarrollan se desarrollaron los llamados POA'S, los cuales pueden aplicarse a la remediación y desintoxicación de aguas potables, generalmente en pequeña o mediana escala. Los POA'S involucran la generación de radicales hidroxilo ( $\text{OH}\cdot$ ), el cual puede ser generado por medios fotoquímicos o por otras formas de energía. El radical hidroxilo es altamente activo para la oxidación de materia orgánica. En el Cuadro 1 se muestra los diferentes POA'S clasificados en procesos fotoquímicos y no fotoquímicos.

Procesos no fotoquímicos	Procesos fotoquímicos
• Ozonación con peróxido de hidrógeno	• Fotólisis del agua en UV de vacío
• Proceso Fenton	• UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
• Oxidación Electroquímica	• UV/O <sub>3</sub>
• Radiolisis y tratamiento con haces de electrones	• Fotofenton y relacionadas
• Plasma no térmico	• Fotocatálisis heterogénea
• Descarga electrohidráulica Sonicación	• UV/TiO <sub>2</sub>

**Cuadro 1. Clasificación de los procesos de oxidación avanzada (Doménech, 2001).**

Algunas ventajas en la utilización de POA'S son:

- No solamente cambian de fase al contaminante (como ocurre en el arrastre con aire o en el tratamiento con carbón activado) si no que lo transforman químicamente.
- Generalmente se consigue la mineralización completa del contaminante.
- Son útiles para contaminantes refractarios que resisten otros métodos de tratamiento, parcialmente el biológico.

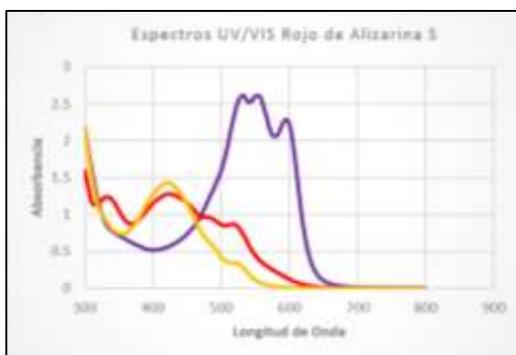
Los POA'S son, especialmente, útiles como pre-tratamiento para componentes resistentes a la biodegradación cuando a continuación se utiliza un tratamiento biológico, o como proceso de pos-tratamiento para efectuar un pulido de las aguas antes de la descarga a los cuerpos receptores.

La Fotocatálisis es otro tipo de POA catalítico promovido por energía de determinada longitud de onda, capaz de excitar a un catalizador (semiconductor) al grado de hacer que se comporte como un material conductor en cuya superficie se desarrollarán reacciones de óxido-reducción. Éstas reacciones generan radicales libres muy reactivos, mismos que atacarán a las especies a su alrededor rompiendo los enlaces moleculares y oxidándolas o reduciéndolas hasta convertirlas en especies menos complejas. Esta reducción en la complejidad molecular generalmente se traduce en una reducción del grado de contaminación o peligrosidad de la especie que se esté tratando (Mansilla, 2001).

La Sonicación es un POA que se encuentra en la actualidad en pleno desarrollo y en el cual el mecanismo responsable de la degradación de los contaminantes es la cavitación. La principal ventaja de este método de tratamiento es el uso de temperaturas y presiones ambientales, sin la adición de agentes químicos oxidantes al medio (González-Labrada, 2010).

### Descripción del Método

Se preparó una solución del colorante Rojo de Alizarina S a una concentración de 100 ppm. Para la realización de los POA'S se trabajaron en tres diferentes pH; ácido, básico y neutro. En la Figura 1 se observan los espectros obtenidos a cada pH al realizar un barrido espectral entre 250 y 800 nm, esto con la finalidad de identificar los picos máximos de cada espectro y a cada pico se le dio un valor de longitud de onda máxima ( $\lambda_{\text{máx}}$ ) y Absorbancia máxima ( $A_{\text{máx}}$ ). Para las determinaciones fotométricas de las soluciones del colorante se escogió una de las señales anteriores con más intensidad.



**Figura 1. Espectros del Rojo de Alizarina S a pH Básico (morado), pH Neutro (rojo) y pH Ácido (amarillo).**

Se elaboraron curvas de calibración para cada pH y cada proceso de oxidación avanzada; en el caso de la Fotocatálisis se puso en contacto el catalizador ( $\text{TiO}_2$ ) con cada pH. Se realizó la demanda química de oxígeno (DQO) siguiendo la técnica estandarizada por el manual HACH.

La Fotocatálisis se llevó a cabo en un reactor como lo muestra la Figura 2, que contenía 200 ml de solución de trabajo y 600 mg de  $\text{TiO}_2$ , iluminando la probeta con una lámpara de luz ultravioleta con una longitud de onda de 365nm.

La Sonólisis se realizó como se muestra en la Figura 3, el reactor con capacidad de 200 mL de solución de trabajo. En este proceso fue necesario controlar la temperatura a no más de  $35^\circ\text{C}$  con un baño de hielo, para evitar la evaporación y la pérdida de volumen durante el proceso.

Finalmente para el proceso combinado Sonólisis-Fotocatálisis como lo muestra la Figura 4, el reactor contenía 200 ml de la solución de trabajo y el peso del catalizador (600 mg de  $\text{TiO}_2$ ), siguiendo las mismas condiciones de control de temperatura y enfriado, pero el baño de hielo se dejó por periodos de 10 minutos. Para cada proceso se tomaron alícuotas cada hora de 10 ml cada una para hacer los análisis fotométricos y DQO, hasta reunir 6 o 7 datos para seguir la cinética de degradación en cada proceso.



**Figura 2. Reactor de Fotocatálisis**



**Figura 3. Reactor de Sonólisis**



**Figura 4. Reactor Fotocatálisis-Sonólisis**

#### *Resumen de Resultados*

El medio ácido se descartó por la formación de coágulos del mismo colorante que al precipitar genera pérdida de concentración y al mismo tiempo pierde su color; así que sólo se trabajaron con los medios básico y neutro.

En el Cuadro 2 se muestran los resultados de los procesos de oxidación avanzada que se realizaron en este trabajo y así se pueden visualizar de una manera más clara el porcentaje de decoloración y mineralización en cada uno de los procesos. El Cuadro se construyó jerarquizando los POA'S de la mayor a menor constante de velocidad, el comportamiento correlaciona adecuadamente con la remoción del color y con la mineralización (las fluctuaciones se presentan por la diferencia de los tiempos).

Proceso	Cte Exp (hr <sup>-1</sup> )	T (hr)	C <sub>Inicial</sub> (ppm)	C <sub>Final</sub> (ppm)	DQO Inicial	DQO Final	% Decoloración	% Mineralización
Fotocatálisis Básica	0.297	6	87	10	74	32	89	57
Sonólisis Neutra	0.183	5	46	17	102	84	63	18
Fotocatálisis Neutra	0.180	6	93	31	72	62	67	14
Combinado Neutro	0.100	4	63	40	151	149	37	1
Sonólisis Básica	0.094	5	64	40	73	69	38	5
Combinado Básico	0.030	4	101	93	120	116	8	3

**Cuadro 2. Recopilación de los resultados obtenidos.**

Con los datos del Cuadro 3, por medio de la constante exponencial que corresponde a las constantes de velocidad, podemos observar que en realidad cada proceso actuó independientemente y que las cinéticas con los pH seguidos y todos los procesos son de orden 1.

Proceso	Cte Exp (hr <sup>-1</sup> )
Fotocatálisis Básica	0.297
Sonólisis Neutra	0.183
Fotocatálisis Neutra	0.180
Combinado Neutro	0.100
Sonólisis Básica	0.094
Combinado Básico	0.030

**Cuadro 3. Constantes de Velocidad para cada proceso.**

Ya que en el proceso combinado podemos notar que es el proceso menos eficiente para la degradación. El proceso más eficiente es la fotocatalisis en medio básico. En el Cuadro 4 y 5 se puede observar el comportamiento del TiO<sub>2</sub> en la realización de las curvas de calibración y realizando una comparación entre éstas, se dedujo que el TiO<sub>2</sub> adsorbe cerca del 34% en medio Básico y el 10% en medio Neutro. Esto nos indica que el TiO<sub>2</sub> ayuda a que la degradación del colorante sea más alta.

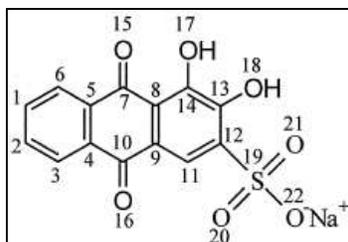
ppm	λ	Básico Abs.	Básico con TiO <sub>2</sub> Abs.	%Absorción del TiO <sub>2</sub>
10	527	0.401	0.193	52
20	527	0.607	0.382	37
40	529	1.143	0.78	32
60	529	1.568	1.173	25
80	530	2.084	1.521	27
100	530	2.799	1.87	33

**Cuadro 4. Efecto de absorción del TiO<sub>2</sub> (30 mg/10 ml) en medio Básico.**

ppm	λ	Neutro Abs.	Neutro con TiO <sub>2</sub> Abs.	%Absorción del TiO <sub>2</sub>
10	422	0.191	0.156	18
20	422	0.316	0.313	1
40	422	0.615	0.562	9
60	422	0.825	0.783	5
80	422	1.101	0.995	10
100	422	1.368	1.162	15

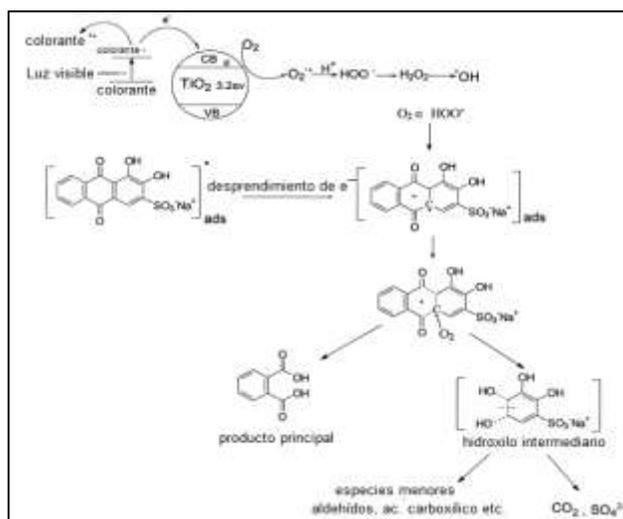
**Cuadro 5. Efecto de absorción del TiO<sub>2</sub> (30 mg/10 ml) en medio Neutro.**

El motivo de que la Fotocatálisis fuera el proceso más eficiente se debe a que el TiO<sub>2</sub> reacciona con el Rojo de Alizarina S y por medio de la adsorción que se produce, se forma el ácido ftálico. El colorante en forma de radical catiónico es atacado en la posición C9 por los radicales de oxígeno activo o O<sub>2</sub> como se observa en la Figura 5.



**Figura 5. Molécula de Rojo de Alizarina S numerada (Park, 2011).**

La molécula del Rojo de Alizarina S adsorbe luz visible excitándola, eventualmente desprende un electrón convirtiéndose en una molécula con carga positiva, que al interactuar con la superficie del catalizador provoca la inyección de un electrón desde su banda de valencia hasta la banda de conducción del TiO<sub>2</sub>. El electrón en la banda de conducción del TiO<sub>2</sub> es atrapado por el O<sub>2</sub> adsorbido en la superficie del TiO<sub>2</sub> para formar radicales iones superóxido, que se convierten a través de una serie de pasos de protonación, desproporción y reducción en HOO•; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y •OH. El electrón inyectado por el colorante procede del átomo C9 que aloja la mayor densidad de electrones en los orbitales frontera del Rojo de Alizarina S. El átomo C9 del radical catiónico es atacado o combinado con los radicales de oxígeno activo, para dar lugar a la formación de organoperóxido intermediario muy inestable como lo muestra la Figura 6.



**Figura 6. Mecanismo de Fotocatálisis (Park, 2011).**

La molécula de colorante se divide en dos partes mediante el ataque de O<sub>2</sub> o radicales de oxígeno activo, una parte se oxida a ácido ftálico, que, aparentemente, ya no puede seguir siendo degradada, así mismo es una especie relativamente estable bajo las condiciones experimentales; otra parte es oxidada por los intermediarios hidroxilo y finalmente mineralizada a CO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> y pequeñas especies orgánicas a través de una serie de complicadas reacciones de oxidación de compuestos intermedios transitorios como aldehído o ácido carboxílico (Park, 2011).

### Conclusiones

El uso de la fotocatalisis presenta ventajas ante otros POA's, ya que degrada la materia orgánica hasta la mineralización, los productos secundarios son incoloros y de baja toxicidad además de que su costo es bajo.

El proceso de fotocatalisis en medio básico resulto ser el más eficiente para la degradación del Rojo de Alizarina S, ya que en 6 horas se logró degradar el 89% de su concentración inicial y presentando una remoción de materia orgánica en la prueba de DQO del 57%.

En el proceso de Sonólisis en medio neutro resulto ser el mejor para degradarse en este proceso, ya que en 5 horas se degrado el 63% de la concentración inicial y presentando una remoción de materia orgánica en la prueba de DQO del 18%.

El proceso Combinado fue el proceso menos eficiente en la degradación del Rojo de Alizarina S ya que indica que no hay sinergia entre ellos; durante 5 horas en medio neutro se degrado solamente el 37% de la concentración inicial y presentando una remoción de materia orgánica del 1%. Tanto en la degradación como en la remoción de materia orgánica fue muy bajo el valor que se obtuvo, concluyendo que es el menos eficiente para la degradación del Rojo de Alizarina S.

Respecto a los valores obtenidos de las pruebas de DQO realizadas a los diferentes procesos de degradación, éstos resultaron ser muy bajos, esto quiere decir que no tienen un grado de toxicidad muy alto después del proceso de degradación y así beneficiando al medio ambiente.

Referente a los datos obtenidos para la construcción de las cinéticas de degradación para cada proceso, por medio de la constante exponencial que corresponde a las constantes de velocidad, se concluyó que cada proceso de oxidación avanzada actuó independientemente.

### Referencias

Domènech, X., Jardim, W. F., & Litter, M. I. "Procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes". Capítulo 1 del libro "Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea", 1. Editado Miguel A. Blesa, Impreso en La Plata, Argentina por Gráfica 12 y 50. (2001).

Glaze, W. H., Kang, J. W., & Chapin, D. H. (1987). "The chemistry of water treatment processes involving ozone, hydrogen peroxide and ultraviolet radiation. Ozone: Science & Engineering", 9(4). 335-52.

González-Labrada, K., Quesada-Peñate, I., Julcour-Lebigue, C., Delmas, H., González, G. C., & Jáuregui-Haza, U. J." El empleo del ultrasonido en el tratamiento de aguas residuales". Revista CENIC. Ciencias Químicas, 41, 1-11, 2010.

Mansilla H. D., Lizama C., Gutarra A., Rodríguez J. "Tratamiento de residuos líquidos de la industria de celulosa y textil". Tomado del texto colectivo "Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea. Uso de óxidos semiconductores y materiales relacionados para aplicaciones ambientales y ópticas", elaborado por la Red CYTED VIII – G, capítulo 13. M. Blesa. Editor. Buenos Aires, 2001.

Park, B., Cho, E., Park, H., & Khim, J. "Sonophotocatalytic destruction of chloroform: comparison of processes and synergistic effects". Japanese Journal of Applied Physics, 50(7).(2011).

# Análisis comparativo entre los navegadores Internet Explorer, Google Chrome y Mozilla Firefox

L.I.A. María de los Ángeles Méndez Aguilar<sup>1</sup>-agui@hotmail.com  
Bisman Abimael Pérez Lemus<sup>2</sup> bisma\_p\_e@hotmail.com  
Karina Isabel Hernández Patishtan<sup>3</sup> Kari\_394@hotmail.com  
Yesenia Escandón Vázquez<sup>4</sup> bonyta-baby@hotmail.com

**Resumen**—En la presente investigación damos a conocer el análisis comparativo, realizado entre los navegadores Internet Explorer, Google Chrome se presenta un marco de referencia, el cual está integrado por un marco teórico, en este se menciona las características que contiene cada uno de los navegadores, a analizar algunas características son: rendimiento, diseño, extensiones y complementos, características de seguridad y características de privacidad.

El objetivo es determinar, que navegador es más conveniente para los estudiantes. Se tiene como hipótesis que el mejor navegador es Google Chrome por su contenido, en cuanto a herramientas (diseño, rendimiento, extensiones, complementos, características, seguridad y privacidad) convirtiéndolo así en un navegador interactivo y dinámico. Al realizar el análisis de las encuestas y la consulta de un artículo de internet sobre las ventajas y desventajas de los navegadores cuyo autor es Norfi Carrodeguas (2015) y la consulta de la revista e-Digitalix (2013), se concluyó que el navegador menos utilizado es Internet Explorer y cumpliendo con la hipótesis Google Chrome es catalogado como el navegador más viable de usar.

## Introducción

El proyecto denominado “Análisis comparativo entre los navegadores Internet Explorer, Google Chrome y Mozilla Firefox”, tiene por objetivo Determinar que navegador es mejor desde sus características y cuál es el más utilizado en la comunidad del instituto tecnológico de la ciudad de Comitán Chiapas, para dar a conocer las características y fomentar la buena elección de un navegador, mediante una investigación documental y análisis de las características y la aplicación de encuestas, a partir de 2014.

Nuestra hipótesis es comprobar que el mejor navegador Google Chrome contiene una gama de características y herramientas lo cual lo convierte en un navegador más interactivo y dinámico, al realizar con precisión la encuesta, el análisis y observar detallada los resultados se llega a la conclusión que el mayor porcentaje de los encuestados utilizan este navegador, por consiguiente es considerado el mejor en la Comunidad Tecnológica.

También se encuentra cada una de las gráficas de dichos resultados donde se observa con certeza el porcentaje de las características que la Comunidad Tecnológica le asignado cada una de ellas, y podrá visualizar que Google Chrome ha obtenido el porcentaje más colosal, para ser considerado el mejor navegador en la Comunidad Tecnológica en el año 2014 y a Internet Explorer como el peor navegador.

Se menciona algunas recomendaciones a partir de los resultados obtenidos, las cuales están orientadas a la Comunidad Tecnológica, con el fin de que se haga una elección acertada, y que se comprenda las características que tiene cada navegador.

## Descripción del Método

Reseña de las dificultades de la búsqueda

Una de las dificultades importantes es que la información es mucha y tiende a cambiar de manera muy rápida y por ende se tiene que actualizar constantemente.

Métodos de Recolección de Datos

Encuestas, Artículo de internet y la consulta de una revista digital.

Importancia:

<sup>1</sup> L.I. A. María de los Ángeles Méndez Aguilar es Profesora del Instituto Tecnológico de Comitán, [Chiapas.men-agui@hotmail.com](mailto:Chiapas.men-agui@hotmail.com) (autor corresponsal)

<sup>2</sup>Bisman Abimael Pérez Lemus es Alumno del Instituto Tecnológico de Comitán, Chiapas. [bisma\\_p\\_e@hotmail.com](mailto:bisma_p_e@hotmail.com)

<sup>3</sup>Karina Isabel Hernández Patishtan es Alumna del Instituto Tecnológico de Comitán, Chiapas. [kari\\_1394@hotmail.com](mailto:kari_1394@hotmail.com)

<sup>4</sup>Yesenia EscandónVázquezes Alumna del Instituto Tecnológico de Comitán, Chiapas. [bonyta-baby1@hotmail.com](mailto:bonyta-baby1@hotmail.com)

Es de gran importancia realizar esta investigación ya que muchas de las personas que hacemos uso de la web necesitamos la opinión de los expertos, para poder elegir el navegador que más nos conviene. Además es importante para nosotros saber que navegador es el más utilizado por compañeros alumnos del Instituto Tecnológico de Comitán.

#### Análisis

Para la presente investigación “Análisis comparativo entre los navegadores Internet Explorer, Google Chrome y Mozilla Firefox” se tomarán en cuenta las siguientes características para determinar cuál es el mejor navegador:

- ❖ Rendimiento
- ❖ Diseño
- ❖ Extensiones y Complementos
- ❖ Características de Seguridad
- ❖ Características de Privacidad

Se consultó en la revista e-Digitalix el siguiente artículo ¿Cuál es el Mejor Navegador?, cuyo autor es Nick Mediati (2013) considerada para hacer la comparación, las características de seguridad y privacidad que a continuación se explican (Mediante e-digitalix 2013):

Con respecto a **Internet Explorer** se identificaron las siguientes características:

#### SEGURIDAD:

- ❖ Mejoras en la seguridad y la navegación de los usuarios.

#### PRIVACIDAD:

- ❖ Navegación privada
- ❖ En la navegación privada no podemos almacenar cierta información como cookies, historia, etc.

Por consiguiente del navegador **Google Chrome** se evaluaron las siguientes características:

#### SEGURIDAD:

- ❖ Función Cajón de Arena.

#### PRIVACIDAD:

- ❖ Navegador incógnito

Para finalizar el navegador se detectaron las siguientes características:

#### SEGURIDAD:

- ❖ El navegador bloquea los sitios de phishing y otros sitios malicioso y permite activar la función de “No seguir” para bloquear los cookies de terceros.
- ❖ Muestra mediante una insignia si algún sitio bancario es seguro, cuestionable o inseguro.
- ❖ Información del sitio web de manera instantánea.

#### PRIVACIDAD:

- ❖ Mozilla cubre todas las herramientas de privacidad básicas.

Por otro lado se consultó un artículo llamado navegadores de internet, ventajas y desventajas, cuyo autor es Norfi Carrodegua (2015), para hacer la comparación de las características de rendimiento, diseño, complementos y extensiones que a continuación se explican (Norfi Carrodegua, 2015):

Con respecto a **Internet Explorer** se identificaron las siguientes características:

#### RENDIMIENTO:

- ❖ Más rapidez en el funcionamiento y en la carga de los sitios web.

#### DISEÑO:

- ❖ Permite anclar los sitios web favoritos a la pantalla de inicio.
- ❖ El uso de la webSlice (icono de color verde en la barra de comandos del navegador).
- ❖ En Windows 8, utiliza estilo metro.

#### COMPLEMENTOS Y EXTENSIONES:

- ❖ Compatibilidad para pantallas táctiles, tanto de una pc, teléfono celular o tableta.
- ❖ Más compatibilidad con estándares web.
- ❖ Soporte para los applets de java.

Por consiguiente del navegador **Google Chrome** se evaluaron las siguientes características:

#### RENDIMIENTO

- ❖ Velocidad super-rápida del navegador.
- ❖ Más favoritismo al buscar en la web.
- ❖ Permite ver estadísticas de la memoria consumida.

#### DISEÑO:

- ❖ Su interfaz es agradable y solo tiene lo esencial por lo cual hay un gran espacio de pantalla.
- ❖ BookMarks involuntarios.
- ❖ Interacción de la barra de estado con el mouse.

#### EXTENSIONES y COMPLEMENTOS:

- ❖ Chrome cuenta con una Web Store para la descarga de extensiones y complementos que mejoran su navegación.

Para finalizar el navegador **Mozilla Firefox** se detectaron las siguientes características:

#### RENDIMIENTO:

- ❖ Soporte para bajar fuentes
- ❖ Búsquedas más rápidas
- ❖ Posibilidad de restaurar la sesión anterior.
- ❖ Mientras más aplicaciones le instales, más lento será, y puede causar algunos problemas.
- ❖ Posee el record Guinness al software más descargados en 24 horas.

#### DISEÑO:

- ❖ Permite crear y utilizar varios perfiles.
- ❖ Word - wrap: con esto se consigue mejorar el ajuste de los párrafos, para evitar el corte de las palabras al final de la línea
- ❖ Repetitivo error de "Página No Encontrada".

#### EXTENSIONES y COMPLEMENTOS:

- ❖ Cuenta con un catálogo que permite la descarga de complementos y extensiones desde el servidor.
- ❖ Infinita fuente de extensiones.

## Comentarios Finales

### Resumen de resultados

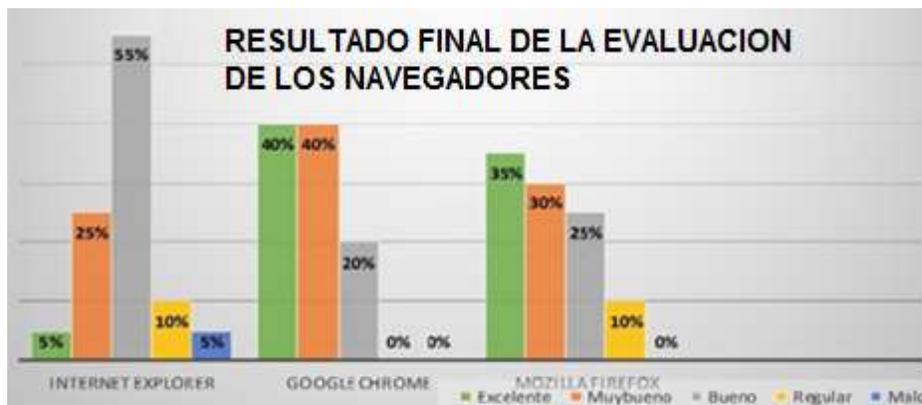


Figura1. Grafica evaluación de Navegadores.

En la gráfica podemos observar que el navegador Google Chrome tiene el porcentaje más alto que se encuentra denotado por el color verde, al momento de evaluarlo como excelente mientras que Mozilla tiene el 35% y a Internet Explorer con tal solo un 5%, por consiguiente vamos a notar que cuando se evalúa al navegador como malo marcado con el color azul, Internet Explorer tiene el porcentaje más alto con un 5% mientras que los otros dos navegadores tienen 0%.

### Conclusiones

El resultado que se obtuvo nos indica que el mejor navegador para la Comunidad Tecnológica de Comitán es Google Chrome ya que cuenta con una serie de características así como herramientas muy eficaces y eficientes, por eso se concluye que los alumnos utilizan este navegador porque están muy bien informados o porque sus carreras les exige conocer o utilizar dicho navegador, aunque existe una diversidad de encuestados que utilizan otro navegador como Opera, Amaya del W3C y Safari de los cuales no están bien informados sobre sus características, por ello es necesario dar a conocer los resultados obtenidos para así elevar los conocimientos.

De acuerdo al marco teórico y nuestra hipótesis se obtenido un excelente resultado ya que estos concuerdan así como los resultados obtenidos en este análisis.

La comunidad tecnológica definió a Google Chrome como el mejor navegador conforme a las siguientes características:

#### **DISEÑO:**

Su interfaz es agradable y solo tiene lo esencial por lo cual hay un gran espacio de pantalla lo que para muchas personas es importante tomar en cuenta al momento de elegir que navegador usar. Obteniendo el porcentaje más alto entre Mozilla e Internet Explorer.

#### **SEGURIDAD:**

Definieron a Google Chrome como muy bueno en cuanto a la seguridad te permite controlar la información que compartes en línea, manteniendo tu información personal en privado ya que contiene una función llamada con de arena que ayuda a los usuarios a no tener problemas en cuanto a inseguridad al momento de navegar obteniendo un alto porcentaje entre la evaluación de los demás navegadores.

#### **RENDIMIENTO:**

En rendimiento obtuvo una evaluación de Excelente debatiéndose entre Mozilla Firefox obteniendo el 40% de preferencia ya que Google Chrome Consume menos recursos de la computadora y cuenta con un Administrador de Procesos

Mientras que Internet Explorer fue definido como el peor navegador ya que no cuenta con las expectativas de los encuestados, dado que tuvo una puntuación muy baja a comparación de los navegadores Google Chrome y Mozilla Firefox

La interfaz es muy simple aunque han hecho algunas mejoras para Windows 8 como La nueva interfaz del tipo *Australis* le brinda una apariencia más suave y agradable a la vista, con esquinas redondeadas y colores sobrios.

Cumpliendo así con el objetivo:

Determinar que navegador es mejor desde sus características y cuál es el más utilizado en la comunidad del instituto tecnológico de la ciudad de Comitán.

### Recomendaciones

Conforma a los Resultados obtenidos El explorador a recomendar es Google Chrome.

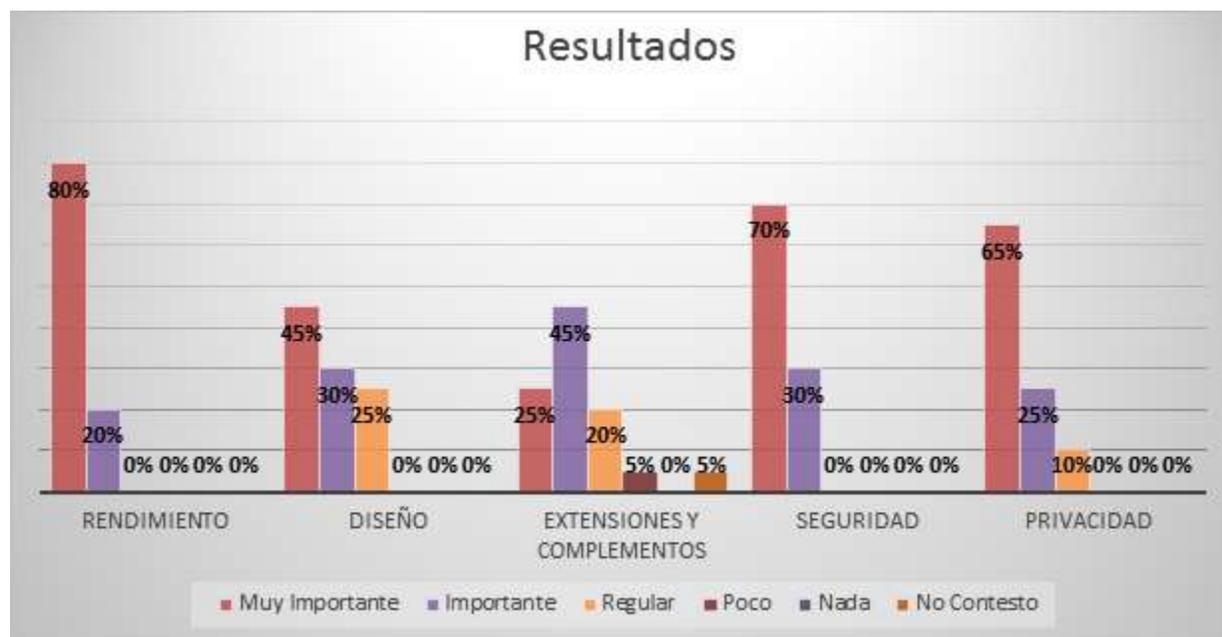


Figura2. Gráfica de características de Navegadores

Aquí se presentan los resultados sobre qué características considera la comunidad del Tecnológico de Comitán más importante al momento de elegir un navegador es el rendimiento, seguridad y privacidad, y con un 45% el diseño ¿lo que no toman en cuenta al momento de elegir un navegador?: son las extensiones y los complementos.

Conforma a los Resultados obtenidos El explorador a recomendar es Google Chrome

- ❖ BookMarks involuntarios.
- ❖ No tiene marcadores dinámicos
- ❖ Interacción de la barra de estado con el mouse.
- ❖ Su interfaz es agradable y solo tiene lo esencial por lo cual hay un gran espacio de pantalla.

#### En rendimiento:

- ❖ Fácil para iniciarse desde tu escritorio en unos pocos segundos cuando haces doble clic en el ícono de Chrome.
- ❖ Rápido para cargar páginas web, funciona con la tecnología del motor de renderización de código abierto de WebKit y carga páginas web en un abrir y cerrar de ojos
- ❖ Rápido para buscar y navegar, puedes escribir búsquedas y direcciones web en la barra de direcciones y búsqueda combinada de Chrome, conocida como Cuadro multifunción. El cuadro multifunción proporciona sugerencias para las búsquedas y las direcciones web mientras escribes, así como una función de autocompletar para ayudarte a encontrar lo que buscas con solo presionar algunas teclas.

- ❖ Velocidad super-rápida del navegador
- ❖ Más favoritismo al buscar en la web.
- ❖ Permite ver estadísticas de la memoria consumida

### Referencias

Carrodegua, Norfi (2015, abril) navegadores y exploradores web, características y comparaciones, [En línea], Disponible en: <http://NAVEGADORES/navegadores-web.html#inicio>

Mediati, Nick (2013, Febrero), ¿Cuál es el mejor navegador? e-digitalix por Pc-World, Edición Especial 2013, 59 – 64 Pág.

### APENDICE

#### Cuestionario utilizado en la investigación

1. ¿Qué tan importante consideras las siguientes características de un navegador?
2. ¿Cómo consideras a Internet Explorer, con respecto a rendimiento, diseño, complementos y extensiones, seguridad y privacidad?
3. ¿Cómo consideras a Google Chrome, con respecto a rendimiento, diseño, complementos y extensiones, seguridad y privacidad?
4. ¿Cómo consideras a Mozilla Firefox, con respecto a rendimiento, diseño, complementos y extensiones, seguridad y privacidad?
5. ¿Cómo evaluarías de manera general los siguientes navegadores: Internet Explorer, Google Chrome y Mozilla Firefox?

# Experimentos para garantizar el aprendizaje de la hidráulica básica

MIPA. Noemí Méndez de los Santos<sup>1</sup>, Est. Raymundo del Ángel García<sup>2</sup>,  
M. en V. Carlos Rodríguez Jiménez<sup>3</sup>, Magister. Olga Lucía Galvis Pinzón<sup>4</sup>,  
M en V. Juan Solís Hernández<sup>5</sup>.

**Resumen --- Mediante una investigación realizada en el Instituto Tecnológico de Villahermosa (ITVH) identificándose una gran problemática relacionada con un alto índice de alumnos reprobados en un periodo de 8 semestres, considerando dicha necesidad relacionada al tema de la educación se implementó un prototipo innovador en 3 grupos del semestre en curso, implementando nuevos métodos didácticos en un modelo a escala real para la mejora del aprendizaje, enfocándonos en una materia en específico de la rama de la ingeniería civil (Hidráulica Básica), garantizando mediante dicho prototipo el aprendizaje de la materia, realizando experimentos por unidad del plan por competencias observándose detenidamente el temario de la materia acoplando las 5 actividades experimentales del prototipo innovador a las unidades que marca el programa escolar (hidrostática, hidrodinámica, hidráulica experimental, flujo en conductos a presión y sistemas de bombeo) las practicas (Ley de continuidad, Principio de Arquímedes, Teorema de Bernoulli, Perdidas por Fricción, Pérdidas Locales).**

## Introducción

La hidráulica básica es una asignatura que requiere la aplicación de nuevos elementos y la forma de transmitir el aprendizaje a los alumnos, por eso en esta investigación al innovar el método de aprendizaje utilizando un prototipo innovador (modelo hidráulico), los alumnos interactuaron con él de una manera didáctica y entretenida, permitiéndoles reforzar sus conocimientos teóricos por unidad desarrollados en el aula, en las distintas prácticas complementarias del curso de esta materia,

A través de una investigación documental realizada en el Instituto Tecnológico de Villahermosa (ITVH) en un periodo de ocho semestres que comprenden del año 2008 al 2012 se encontró como resultado un alto índice de alumnos reprobados, de un total de 300 alumnos, 143 no acreditaron la materia de hidráulica básica y mediante un análisis estadístico se obtuvo que esta cantidad representa el 47.7% del total antes mencionado, encontrándose que los alumnos no comprenden por la falta de interés en su totalidad de los conceptos y aplicación de fórmulas.

Por esas razones se implementó un prototipo innovador (modelo hidráulico) involucrando a los alumnos a realizar prácticas, en las cuales se despertó el interés, trasladando los problemas y formulas a un nivel real captando de una manera entretenida su atención en problemas hidráulicos aplicados en la vida cotidiana, haciéndolos interactuar en condiciones reales a escala, de esta manera se evaluó el aprendizaje en el alumnado en los periodos Junio-Agosto, Agosto-Diciembre 2014 y Enero-Junio 2015.

## Planteamiento del problema

¿Se puede mejorar la enseñanza-aprendizaje de la hidráulica básica utilizando un prototipo innovador en el cual mediante un modelo hidráulico didáctico se afirmen los temas por unidad en los estudiantes de la carrera de ingeniería civil del (ITVH)?

## Objetivo(s)

### Objetivo general

Elaborar experimentos que garanticen el aprendizaje de la materia hidráulica básica, implementando nuevos métodos didácticos utilizando un prototipo innovador de tipo mecánico para desarrollar habilidades e ingenio en los alumnos de la carrera ingeniería civil del ITVH basado en las unidades del plan por competencias.

### Objetivos específicos

1. Evaluar las modificaciones realizados en el prototipo innovador (modelo hidráulico) después de su implementación en el semestre pasado (Agosto-Diciembre 2014), empleándolo en el semestre Enero-Junio 2015.
2. Realizar un experimento por unidad de acuerdo al plan por competencias trasladando los problemas teóricos a un nivel práctico mediante el funcionamiento del prototipo innovador (modelo hidráulico).
3. Evaluar la eficiencia en la tercera etapa de experimentación-evaluación del prototipo innovador (modelo hidráulico) recopilando datos estadísticos.
4. Llevar un seguimiento del proceso de aprendizaje de los alumnos, por medio de la práctica y uso del prototipo innovador (modelo hidráulico).

<sup>1</sup>MIPA. Noemí Méndez de los Santos es Profesora investigadora de tiempo completo del Instituto Tecnológico de Villahermosa, Tabasco. (ITVH) Profesora de asignatura de la Universidad Olmeca. [mimilla6566@hotmail.com](mailto:mimilla6566@hotmail.com); Tel. 99 32 79 30 24.

<sup>2</sup> Raymundo del Ángel García es estudiante del ITVH. [ray\\_rag@hotmail.com](mailto:ray_rag@hotmail.com); Tel. 1610961.

<sup>3</sup> M en V. Carlos Rodríguez Jiménez es ingeniero civil con estudios de maestría en valuación y profesor investigador del Instituto Tecnológico de Villahermosa y de la Universidad Olmeca en Villahermosa, Tabasco, México. [cnla6566@hotmail.com](mailto:cnla6566@hotmail.com) Tel. 9931745039.

<sup>4</sup> La Magister. Olga Lucía Galvis Pinzón es Profesora de tiempo completo de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Barrancabermeja. [olga.gavis@campusucc.edu.co](mailto:olga.gavis@campusucc.edu.co); Tel. 3166242158.

<sup>5</sup> M en V. Juan Solís Hernández es Profesor de tiempo completo del ITVH. [jsolishez@hotmail.com](mailto:jsolishez@hotmail.com); Tel. 9933111338.

### Descripción del Método

Esta investigación hasta ahora lleva tres etapas, en este artículo se presenta la continuación de la tercera etapa presentada en el Academia Journals sede Villahermosa, Tabasco.

#### Determinación de la necesidad

Para determinar la implementación del prototipo innovador en la asignatura de hidráulica básica se propuso utilizarlo de acuerdo a la temática desarrollada, para complementar el conocimiento visto en clase.

**1er. Etapa** (estudiantes del ITVH. Primer grupo de jóvenes de investigación).

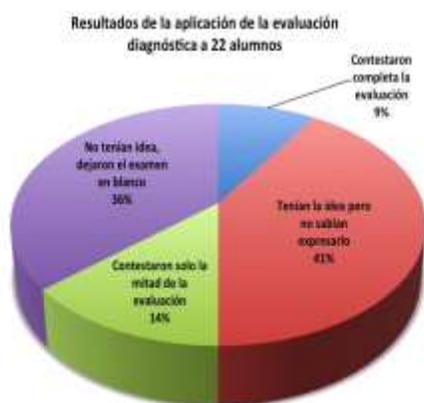
1. Se logró obtener la idea para comenzar con un proyecto de investigación, partiendo de una necesidad en el área de hidráulica de la carrera Ingeniería Civil impartida en el Instituto Tecnológico de Villahermosa ya que en dicha institución la especialidad es en hidráulica.
2. Durante el diseño solo realizaron bosquejos e ideas que no pasaron a ser un prototipo real a escala.

**2da. Etapa** (el segundo grupo de jóvenes de investigación). En base a la idea proyectada en la 1er. Etapa se decidió retomar la investigación en el año 2013 logrando obtener un diseño que mediará en los alumnos la materia de hidráulica general una fácil comprensión del contenido temático y así trasladar dichos conocimientos a un nivel práctico.

1. Una vez identificada la carencia de este tipo de modelos, se hace una búsqueda para corroborar dicha necesidad con las actas de calificaciones expedidas en diversos periodos en la asignatura, que comprenden a los años 2008-2011.
2. Durante el diseño del prototipo se analizaron piezas, accesorios y materiales a través de un análisis del mercado, comparando entre diversas marcas de acuerdo a calidad y conveniencia, eligiendo TuboPlus, puesto que a par de tener un mayor costo, cuenta con gran variedad de elementos necesarios para lograr una fácil construcción del modelo.
3. Se logró un avance del 50 % en la etapa de construcción y dejaron inconclusa la investigación, ya que se titularon por promedio. (Méndez, Rodríguez, Pérez, De la O, Alejandro, 2014)

**3ra. etapa.** (el tercer grupo de jóvenes de investigación). Raymundo del Ángel García y Luis Elías Aguilar Torres.

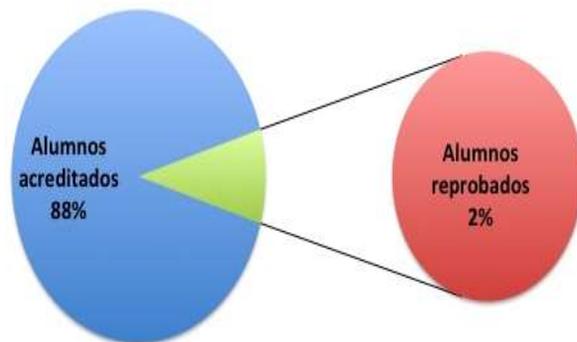
1. En el año 2014 se terminó de construir el modelo hidráulico al 100%.
2. Se logró realizar una prueba piloto para rectificar el funcionamiento del modelo y se experimentó por primera vez el uso en 2 temas de las prácticas propuestas, Principio de Arquímedes y Ecuación de Bernoulli.
3. En esta investigación se ha podido lograr el diseño, construcción y aplicación del prototipo innovador (modelo hidráulico), evaluando en su fase experimental el aprendizaje de los alumnos en dos ciclos el año pasado (Junio-Agosto y Agosto-Diciembre 2014),
4. En el ciclo escolar Junio-Agosto 2014 se manejó una muestra pobre ya que la cantidad de alumnos era menor a un grupo normal debido a que el prototipo innovador fue evaluado en el ciclo de verano, teniendo una muestra de 22 alumnos de la cual un 88% aprobaron y hubo un índice de reprobación del 2%, los resultados obtenidos de esta fase se pueden observar a continuación. Véase figura 1 y 2.
5. En el ciclo escolar Agosto-Diciembre 2014 aprovechando la oportunidad que por demanda de dicha materia se implementaron 3 profesores en horarios distintos beneficiando a la investigación ya que se puede obtener así una mayor muestra de alumnos para comparar los resultados estadísticos con los del periodo de verano y demostrar su eficiencia en la mejora del aprendizaje de los alumnos., los resultados obtenidos en esta fase se pueden observar a continuación. Véase figura 3 y 4.



Fuente: autores

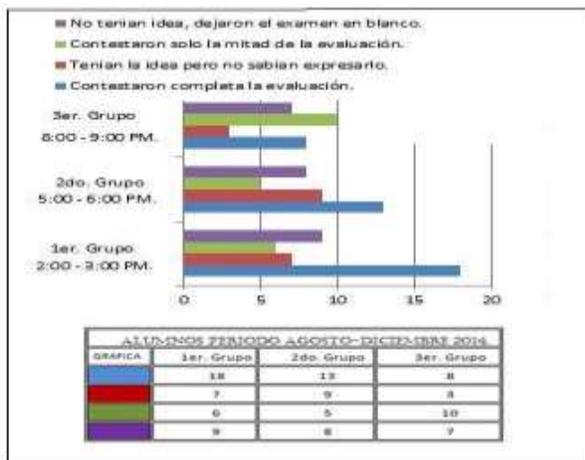
**Figura 1. Resultados de evaluación diagnóstica.**

#### Índice de aprobación al finalizar el curso

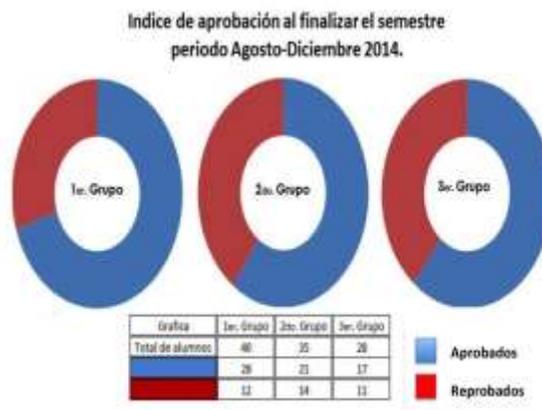


Fuente: autores

**Figura 2. Resultados de aprobación.**



Fuente: autores  
**Figura 3. Resultados de evaluación diagnóstica.**



Fuente: autores  
**Figura 4. Resultados de aprobación.**

6. En la tabla 1 se muestra el cronograma de actividades en el transcurso de la elaboración, experimentación y evaluación de esta investigación en proceso.

Actividad	Descripción	Tiempo de ejecución	autor	Recursos necesarios
Lluvia de ideas y recolección de información	Se realizó una búsqueda de artículos en revistas científicas de investigaciones similares vinculadas con el tema	1 semana	Estudiante	Computadora, internet
Elaboración del marco teórico	Se construirá el marco teórico para diseñar el prototipo innovador	3 semanas	Estudiante	Bibliografía, computadora
Diseño preliminar del prototipo	Se realizaron varias propuestas para el diseño del prototipo de	2 semanas	Estudiante	Computadora, uso del software de dibujo AutoCAD, impresora
Análisis de mercado	Se buscará materiales disponibles en el mercado para la construcción del modelo	2 semanas	Estudiante	Transporte público, cámara fotográfica
Cotizaciones de los materiales a utilizar en la elaboración del prototipo innovador	Se realizó en tres sucursales de materiales para la construcción, santandreu, macosa y silva escogiendo la más económica	1 semana	Estudiante	Transporte público, cámara fotográfica, computadora
Diseño definitivo	Se definirá el diseño a construir y el material a utilizar	2 semanas	Asesor – Estudiante	Computadora, uso del software de dibujo AutoCAD, impresora
Construcción de la base	Se construye la base que sostendrá el sistema de tubería de aluminio color blanco y los tanques de almacenamiento y aforo.	1 semana	Taller de aluminio	Recursos económicos
Construcción del sistema de tuberías	Elaboración del sistema de tuberías del prototipo la forma de unión entre tramos fue por termo fusión y previa revisión de fugas	4 semanas	Estudiante - plomero	Recursos económicos, herramientas básicas necesarias para su correcto ensamblaje
Colocación de mangueras como tubos de carga de niveles piezométricos	Se colocarán las mangueras que servirán para observar las cargas piezométricas del líquido al pasar por los 3 tramos del prototipo innovador (modelo hidráulico).	3 semanas	Estudiante	Recursos económicos, herramientas básicas
Pruebas al prototipo	Se hará funcionar el prototipo y se pretende utilizar con los alumnos	2 semanas	Estudiante-asesor	Prototipo terminado
Elaboración de las 2 primeras practicas	En esta parte como es en el periodo de verano solo se implementaron 2 temas:	2 días		

	Principio de Arquímedes y Ecuación de Bernoulli		Estudiante-asesor	Prototipo terminado
Junta con coordinador de la carrera	Se citó a una junta para solicitarle permiso de usar el prototipo innovador en la materia que se impartiría en verano Junio-Agosto 2014	1 día	Estudiante-asesor y coordinador	No/Aplica
Prueba piloto definitiva	Se hizo la prueba obteniendo buenos resultados	1 día	Estudiante	Prototipo terminado
Implementación periodo Junio-Agosto 2014	Se utilizó el prototipo innovador en un grupo de verano experimentando y evaluándolo en los alumnos	6 semanas	Estudiante	Prototipo terminado
Modificación al prototipo innovador	Se encontraron necesidades en la modificación del modelo para facilitar su uso en la interacción de los alumnos	3 días	Estudiante	Recursos económicos, herramientas básicas: Silicón, tornillos y arandelas.
Implementación periodo Agosto – Diciembre 2014	Se utilizó el prototipo innovador en 3 grupos experimentando y evaluándolo en los alumnos	1 semestre	Estudiante	Prototipo terminado

Fuente: autores

**Tabla 1. Cronograma de Actividades.**

- En el ciclo escolar Enero-Junio 2015 se cuenta con más tiempo para realizar las prácticas y la muestra es mayor en número de alumnos se decidió impartir las prácticas en 3 grupos del semestre en curso, para poder evaluar el prototipo innovador en los alumnos y a ellos con el mismo, primero se observó detenidamente el temario de la materia para acoplar las 5 actividades experimentales del prototipo innovador a las unidades que marca el programa escolar (hidrostática, hidrodinámica, hidráulica experimental, flujo en conductos a presión y sistemas de bombeo), se procedió a realizar una prueba piloto con el mismo verificando que no se filtre el agua por la tubería y preparación de las practicas (Ley de continuidad, Principio de Arquímedes, Teorema de Bernoulli, Perdidas por Fricción, Pérdidas Locales), tratando de hacerla dinámica y entretenida. Véase Figura 5.



Fuente: autores

**Figura 5. Realización de las 5 practicas por unidad en los 3 grupos de hidráulica básica Enero-Junio 2015.**

### Comentarios finales

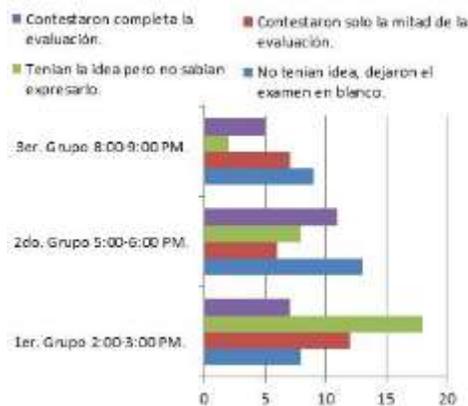
#### Resultados estadísticos de la evaluación del prototipo innovador periodo Enero-Junio 2015.

Ya definidas las practicas por unidad se procedió a la aplicación de la implementación del prototipo en los grupos que cursaron la materia hidráulica básica en 3 horarios distintos: el 1er. Grupo en un horario de 2:00-3:00pm integrado por 45 alumnos, el 2do. Grupo en un horario de 5:00-6:00pm integrado por 38 alumnos y el 3er. Grupo en un horario de 8:00-9:00pm integrado por 23 alumnos. Tratando de hacerla dinámica y entretenida las prácticas y poder interactuar con los alumnos. La siguiente redacción fue la misma usada en los 3 grupos, iniciando el semestre Enero-Junio se habló con los profesores que impartieron la clase en los distintos horarios para que aceptaran la implementación del prototipo innovador como apoyo didáctico en el curso comentándoles que se tenía una actividad por cada unidad de la materia. El día de la práctica se inició con una prueba diagnóstica para evaluar el conocimiento actual del alumnado con respecto a estos temas mencionados en dicha materia y posteriormente se pidió a los alumnos y al profesor escuchar y observar con atención la introducción y uso del prototipo hidráulico haciéndoles una prueba piloto de muestra.

#### Conclusiones

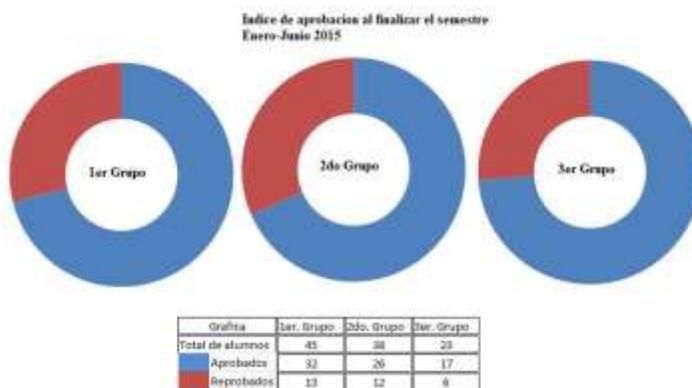
En esta investigación se ha podido lograr el diseño, construcción y aplicación del prototipo innovador evaluando el aprendizaje de los alumnos en dos semestres y un verano, en esta evaluación que comprende el periodo Enero-Junio 2015 de un total de 106 alumnos, 31 no acreditaron la materia de hidráulica básica y mediante un análisis estadístico se obtuvo que esta cantidad representa el 31%, encontrándose que los alumnos aprobados representan el 75% del total antes mencionado por lo tanto se observa que comprenden conceptos y aplicación de fórmulas.

Véase Figura 6 y 7.



Fuente: autores

**Figura 6. Resultados de evaluación diagnóstica.**



Fuente: autores

**Figura 7. Resultados de aprobación.**

#### Recomendaciones

Se recomienda a quien desee continuar con investigaciones similares, que por lo menos se debe evaluar de dos a tres años para comenzar a tener resultados más fidedignos.

#### Referencias

- Carrillo Moreno Elsa M., (2010). Tesis: Diseño del modelo didáctico para el análisis del flujo en canales con fondo móvil y socavación en cauces naturales. Escuela Politécnica Nacional.
- Duarte, Julio E. et al. (2007). Desarrollo de un prototipo didáctico como alternativa pedagógica para la enseñanza del concepto de inducción electromagnética. Colombia: TEA
- Latorre, A. (2003). La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa. España: Graó.
- Marín Córdoba Carlos Alfredo et al. (2012). Tesis: Diseño y Construcción de un canal hidráulico de pendiente variable para uso didáctico e investigación. Universidad de El Salvador.
- Méndez de los Santos Noemí MI. Rodríguez G. Pablo A., Pérez de la R. Natalia de J., de la O L. Eben Ezer, Alejandro H. Ernesto Ing. (2014). Modelo hidráulico didáctico innovador, en la mejora del aprendizaje significativo de la hidráulica básica. Congreso Internacional de Investigación Academia Journals 2014, Villahermosa, Tabasco, México. Mayo 22 y 23. ISSN 1946-5351 Online, Volumen 6, No. 3, 2014 1110 ISBN e-Libro en CD-ROM 978-1-939982-06-3
- Morales Burgos, A., García Sosa, J. y Escalante Triay, E. (2009). Causas de reprobación en los cursos de Mecánica de Fluidos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. Ingeniería, Revista Académica de la FI- UADY, 13-3, pp. 45-51, ISSN: 1665-529X.
- Pérez Lozada E. y Falcón N. (2009). Prototipos experimentales orientados al aprendizaje de la óptica. España: Eureka

### Notas biográficas

La **Mipa. Noemí Méndez de los Santos**, es profesora investigadora del Instituto Tecnológico de Villahermosa en Tabasco, es ingeniera civil y maestra en ingeniería y protección ambiental, obteniendo en el posgrado el mejor promedio de su generación y el grado con mención honorífica. Cuenta con cuatro solicitudes de patente ante el IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial). Ha sido asesora de proyectos innovadores que han ganado a nivel nacional desde 2004 y han representado a México en el mundial de ciencias 2011 en Bratislava Eslovaquia, en 2012 gana la acreditación internacional en Asunción Paraguay y representó a México en el mundial de ciencias en Abu Dhabi Emiratos Árabes Unidos en 2013. Es la Directora de la tesis de licenciatura que gana el segundo lugar a nivel nacional en el área de hidráulica otorgado por la Asociación Mexicana de Hidráulica en el 2013, con el proyecto SIPPAA (Sistema Prefabricado de Paneles Amigables con el Ambiente representó a Tabasco en Tunjá Colombia en 2014, ganando el máximo galardón como proyecto meritorio, además la empresa CEMEX le otorga el segundo lugar nacional con este proyecto de innovación en 2014. Es la asesora de los dos proyectos ganadores en Jóvenes hacia la investigación edición 2013 y 2014 organizado por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y Conacyt. Le ha publicado artículos la Universidad de Girona, en un libro la Universidad de Málaga y regularmente publica en la revista Kukulcab, participa en la Academia Journals en sus congresos desde 2013. Es conferencista a nivel nacional e internacional.

El **C. Raymundo del Ángel García** es estudiante del noveno semestre del Instituto Tecnológico de Villahermosa.

El **M.enV. Carlos Rodríguez Jiménez** es profesor de la carrera de ingeniería civil en el Instituto Tecnológico de Villahermosa, y en el departamento de Ciencias de Tierra de la Universidad Olmeca en Tabasco, México. Terminó sus estudios de posgrado en Valuación Inmobiliaria en la Universidad Olmeca. Es miembro del sistema estatal de investigadores del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco. Ha publicado artículos científicos en las revista Kukulcab de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, en la Red de Actividades Juveniles en Ciencia y Tecnología, Puebla, México, en la Academia Journals de San Antonio Texas, E.U.A., en el Instituto de Investigaciones Científicas y Ecológicas, en Salamanca, España. Ha dictado conferencias en congresos internacionales de ingeniería civil, tiene cuatro solicitudes de patente en trámite ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.

La **Magister. Olga Lucía Galvis Pinzón** es Profesora de tiempo completo de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Barrancabermeja. Coordinadora Nacional de la Red Colombiana REDCOLSI (Nodo Santander) periodo 2013-2015., ha sido asesora de proyectos a nivel nacional e internacional representando a su país Colombia.

El **M.V.I.I. Juan Solís Hernández**. Es profesor investigador del Instituto Tecnológico de Villahermosa en Tabasco. Ha impartido cátedra en las siguientes materias: Geología, Topografía, Hidrología, Probabilidad y Estadística, Construcción, Maquinaria Pesada y Movimiento de Tierras, Administración y Evaluación de Proyectos, Administración de la Construcción. Obtuvo el grado de Maestría en Valuación Inmobiliaria e Industrial en el año 2011.

# Análisis comparativo sobre el servicio que ofrecen las compañías de telefonía celular

M.C.E. Mayra Leticia Ojeda Cruz<sup>1</sup>, Sergio Hernández Domínguez<sup>2</sup>,  
Gabriela Ventura Cruz<sup>3</sup>, Gabino Rosales Hernández<sup>4</sup>

**Resumen-** La presente investigación tiene como finalidad dar a conocer los servicios que las compañías de telefonía celular ofrecen a la ciudadanía, así mismo con esta información cuando un usuario necesite adquirir algún tipo de servicio, pueda elegir la adecuada, tomando en cuenta los servicios que ambas compañías ofrecen.

**Palabras clave-** Tecnología, internet, servicios, telefonía.

## Introducción

Al abordar el tema de análisis comparativo Telcel y movistar, es importante aclarar que la comunicación es un proceso útil para el desarrollo de cada individuo. En la actualidad existen muchas formas de comunicación que acortan distancias, siendo el celular uno de los medios más comunes y con mayor difusión en el mundo.

Los hay grandes, de diferentes formas, tamaños y colores, pero además poseen capacidades y aplicaciones que en un tiempo solo podían llevarse a cabo por medio de la computadora ó televisor; todo esto inspirado en un aparato tan pequeño, pero a la vez versátil. Es por eso que se llevó a cabo una investigación en cuanto a sus precios y servicios, se pretende aclarar y puntualizar los requisitos que debe cumplir al contratar, las opciones de servicio y costo, así como las recomendaciones para antes de contratar.

## Contenido

La red de telefonía móvil o celular consiste en un sistema telefónico, que mediante la combinación de una red de estaciones transmisoras-receptoras de radio (estaciones base) y una serie de centrales telefónicas de conmutación, se posibilita la comunicación entre terminales telefónicos portátiles (teléfonos móviles) o entre terminales portátiles y teléfonos de la red fija tradicional. El teléfono móvil o celular, es un dispositivo de comunicación electrónico con las mismas capacidades básicas de un teléfono de línea telefónica convencional. Además de ser portátil, es inalámbrico al no requerir cables conductores para su conexión a la red telefónica.

Estos son los elementos que forman parte de este servicio comunicativo. Gracias a los usuarios, es decir, todas las personas que tienen un teléfono celular, es que esta red se mantiene activa y funcional. Es importante que le demos un buen uso y, así conservarla como una herramienta valiosa en la comunicación entre personas.

Resultados de una investigación dentro del I.T. de Comitán, permitieron observar que el 23% de los encuestados mencionaron que consideran que es muy importante las cobertura, seguido de un 22.5% que considera de igual forma es, muy importante, promociones y un 22.0 % que considera muy importante los costos, lo cual pueden proporcionar los servicios de telefonía; la gráfica 1 refleja la apreciación que se tuvo con respecto a estos factores.

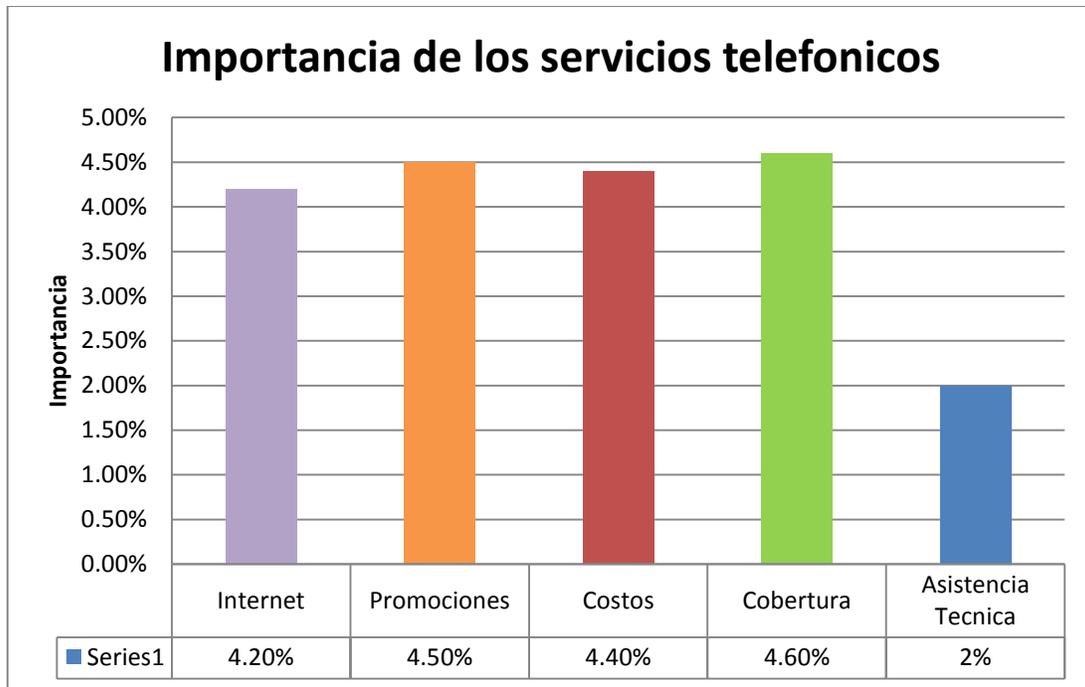
---

<sup>1</sup> M.C.E. Mayra Leticia Ojeda Cruz, Maestra en Comercio Electrónico impartiendo materias dentro del depto. de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Comitán. mayraoje@hotmail.com

<sup>2</sup> Sergio Hernández Domínguez. Estudiante de Ingeniería en Tecnologías de la Información y comunicaciones del I.T. de Comitán.

<sup>3</sup> Gabriela Ventura Cruz. Estudiante de Ingeniería en Tecnologías de la Información y comunicaciones del I.T. de Comitán.

<sup>4</sup> Gabino Rosales Hernández. Estudiante de Ingeniería en Tecnologías de la Información y comunicaciones del I.T. de Comitán.



Gráfica 1. Factores de importancia de los servicios telefónicos.

Como resultado de la gráfica 1, se investigó y documentó las principales características de los servicios que ofrecen las compañías telefónicas antes mencionadas, resaltando las siguientes:

**TELCEL**

**Internet** (Telcel, 2014)

Ofrece una gran variedad de Paquetes para navegar desde tu Telcel o computadora. Paquetes de Internet Telcel Amigo que se acomode a tus necesidades o bien, navega bajo demanda y paga solo lo que consumes.

Tarifas

**Consumo Alto:**

Recomendado para enviar y recibir correos, mensajería instantánea, Redes Sociales y navegación total en Internet.

Vigencia	MB/GB Incluidos	Precio IVA Incluido	Clave
1 hr.	100 MB	\$ 12.00	alto1h
1 día	150 MB	\$ 49.00	alto1
2 días	300 MB	\$ 79.00	alto2
7 días	1 GB	\$ 169.00	alto7
15 días	1.5 GB	\$ 249.00	alto15

30 días	3 GB	\$ 399.00	alto30
---------	------	-----------	--------

Tabla 1. Tarifas Telefonía Telcel consumo alto.

**Consumo Medio:**

Recomendado para enviar y recibir correos, mensajería instantánea, Redes Sociales y navegación moderada en páginas de Internet.

Vigencia	MB/GB Incluidos	Precio IVA Incluido	Clave
1 hr.	30 MB	\$ 9.00	medio1h
1 día	50 MB	\$ 29.00	medio1
2 días	100 MB	\$ 59.00	medio2
7 días	400 MB	\$ 99.00	medio7
15 días	1 GB	\$ 229.00	medio15
30 días	2 GB	\$ 339.00	medio30

Tabla 2. Tarifas Telefonía Telcel consumo medio.

**Consumo Bajo:**

Recomendado para enviar y recibir correos, mensajería instantánea y uso moderado en Redes Sociales.

Vigencia	MB/GB Incluidos	Precio IVA Incluido	Clave
1 hr.	10 MB	\$ 5.00	bajo1h
1 día	30 MB	\$ 19.00	bajo1
2 días	50 MB	\$ 39.00	bajo2
7 días	200 MB	\$ 59.00	bajo7
15 días	600 MB	\$ 199.00	bajo15
30 días	1 GB	\$ 299.00	bajo30

Tabla 3. Tarifas Telefonía Telcel consumo bajo.

## **Movistar**

### **Promociones** (Informador, 2014)

Con el interés de continuar ofreciendo el mejor servicio, así como para captar a nuevos clientes, la empresa de telefonía celular Movistar ofrece promociones como:

Este plan de prepago ofrece servicios integrales que revolucionan el mercado y atienden las necesidades de los clientes que viven un entorno más convergente, ya que ofrece hablar y enviar mensajes ilimitados a toda la comunidad Movistar, hasta 500 minutos para hablar y hasta 100 mensajes a cualquier compañía en México, Estados Unidos y Canadá, sin costo de larga distancia nacional; además de conexión ilimitada a las redes sociales como Facebook, Twitter, Whatsapp y correo electrónico.

Con Movistar Ilimitado podrán conectarse en la red más rápida del país, contar con los mejores servicios de telefonía, disfrutar de llamadas ilimitadas, estar en contacto en todo momento con familiares y amigos a través de las redes sociales, conservar su número al cambiarse con Movistar, con los mejores precios.

Cabe señalar que la telefonía Movistar ha configurado en el país, la red móvil más rápida y moderna de América Latina con cobertura en 86 mil 863 poblaciones y 75 mil 449 kilómetros carreteros. Además, de acuerdo con los resultados emitidos por Cofetel, es la operadora en México con el mayor porcentaje de llamadas completadas, el más bajo de llamadas caídas y la mejor calidad de audio.

### **Oferta de prepago:**

Llamadas y mensajes ilimitados: De acuerdo con el monto de recarga (60, 100 y 200 pesos) los clientes podrán llamar y enviar mensajes de manera ilimitada a toda la comunidad Movistar. Contarán con minutos y mensajes incluidos para hablar a cualquier compañía en México, Estados Unidos y Canadá. Sin costo de larga distancia nacional. Así como conexión ilimitada en redes sociales y correo electrónico.

Movistar Internet Ilimitado (promoción única de datos): De acuerdo con el monto de recarga (60, 100 y 200 pesos), a los clientes que buscan navegar en todo momento, Movistar ofrece comunicación ilimitada en redes sociales, correo electrónico y TU Me.

### **Oferta de postpago**

Residencial/ Select Movistar Internet Ilimitado. A partir de planes desde 399 pesos, se incluyen minutos todo destino para llamar a México, Estados Unidos y Canadá. Minutos y mensajes ilimitados a la comunidad Movistar. Sin costo de larga distancia nacional. Conexión ilimitada en redes sociales y correo electrónico.

En activaciones con equipo propio, se obtendrá 30% de descuento en la renta del plan a seis y 12 meses. Con Planes Select, se pueden adquirir smartphones gratis a 24 meses.

### **Costo de Planes** (Identidadgeek, 2014)

Bajo el nombre de GigaMove, Movistar ofrece a sus clientes una serie de atractivos planes bajo este concepto en sus distintas variantes.

Plan Gigamove 0.5. Este plan, con un costo de \$299 pesos, ofrece en su paquete la cantidad de 500 megas de navegación de internet, 300 minutos a todo destino y además 300 mensajes SMS a cualquier compañía. Este plan no incluye ningún equipo.

Plan Gigamove 1. Es a partir de este plan donde Movistar ofrece sus aplicaciones con las cuales explotar su internet. Con un costo de \$399 pesos mensuales, uso ilimitado de las aplicaciones Facebook, Twitter, Whatsapp y correo. Una cuenta Premium de Spotify, 600 minutos para hablar a cualquier destino y 600 mensajes de texto. Ofrece también 1 GB de navegación. Este plan no incluye ningún equipo y debe comprarse por aparte. Nada mal.

Plan Gigamove 1.5. Básicamente este plan contiene lo mismo que el Plan Gigamove 1, con la diferencia que cuesta \$599 pesos, 1.5 GB de internet de navegación, 900 minutos y 900 mensajes de texto. Sigue con la misma dinámica de aplicaciones gratuitas mencionadas en el plan anterior. Quizá la mayor diferencia es que este plan incluye un equipo con precio especial o gratuito.

Plan Gigamove 2. Este plan está dirigido a aquellas personas que hacen uso rudo de su Smartphone. Con un costo de \$799 pesos y 2GB de internet de navegación, ofrece la misma dinámica de aplicaciones gratuitas y cuenta Premium de Spotify, además de 1200 minutos a cualquier compañía de celular y 1200 mensajes de texto. Al igual que el plan anterior, este permite adquirir un equipo a un precio muy accesible.

Plan Gigamove 3. Este plan está completamente dirigido a aquellas personas que hacen un uso muy amplio de internet y requieren estar conectados a todo momento y a todas horas. Con un costo de \$999 pesos y 3 GB de internet, continúa con su dinámica de aplicaciones de uso ilimitado. Ofrece también 1500 minutos a todo destino así como 1500 mensajes de texto. También te permite adquirir un Smartphone gratis.

Algo que se puede destacar es que tanto el plan Gigamove 0.5 y 1, permiten adquirirlos sin un plazo forzoso de meses.

Un dato interesante es la opción de agregar “Módulos adicionales” a los planes. Estos módulos son:

Movistar Total. Este módulo permite en la misma línea de celular, agregar otra fija; es decir, permite tener dos líneas en una. No tiene costo.

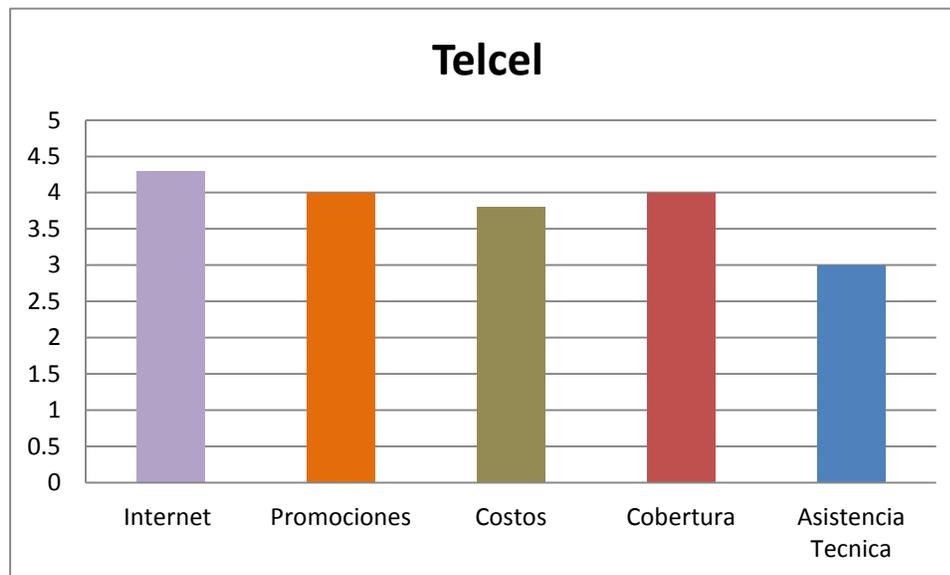
Movitalk. Básicamente lo que permite este plan es poder hablar de manera ilimitada a cualquier número movistar. Tiene un costo de \$129 pesos.

Paquete de datos Roaming Internacional. Ofrece distintos costos para hablar a cualquier parte del mundo en modo de datos. Este plan tiene diferentes costos, que van desde \$70 pesos los 10 megas hasta 1GB con un costo de 1400 pesos. El mega adicional va desde los 14 pesos hasta los 7 pesos. Esto aplica solo para Estados Unidos, para América y Europa es de \$280 pesos los 10 megas, hasta 100 megas por \$2,240 pesos. Sí, el internet por allá es realmente caro.

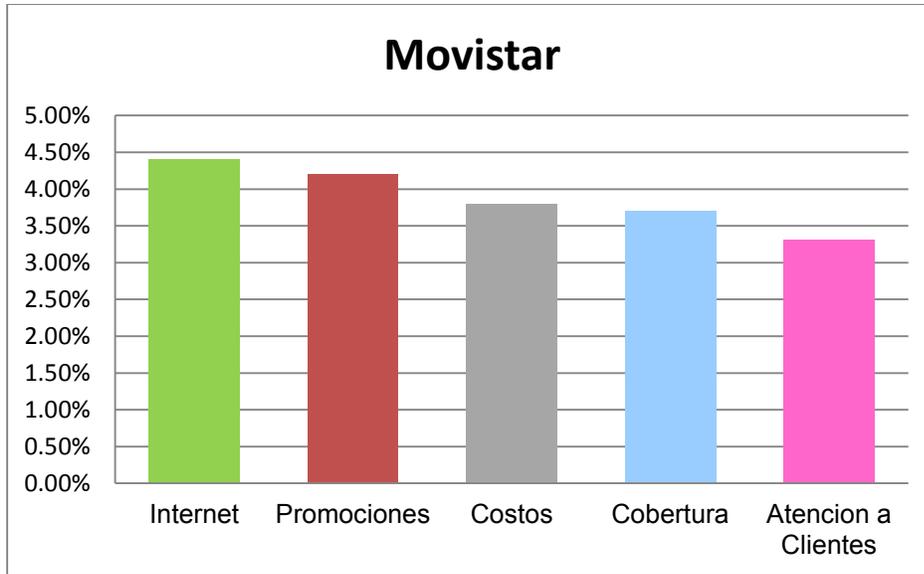
Tarifa diaria de Datos Roaming Internacional. A diferencia del anterior, este te da la ventaja de pagar solo lo que consumes. Aquí el precio es de \$280 pesos diarios. Suena interesante, con la salvedad que aplica a un reducido número de países de América Latina y uno que otro de la Unión Europea.

Con todo lo anterior, se entiende que de acuerdo a la variedad de planes y servicios que ofrecen las telefonías celulares los usuarios pueden elegir de acuerdo a sus necesidades y características de cada servicio.

Como se puede observar en la gráfica 2 la evaluación del servicio de telefonía Telcel con respecto a las preferencias de los usuarios. En la gráfica 3 la evaluación del servicio de telefonía Movistar con respecto a las preferencias de los usuarios.



Gráfica 2. Factores de importancia de la evaluación de servicios telefónicos Telcel



Gráfica 3. Factores de importancia de la evaluación de servicios telefónicos Movistar.

### Conclusiones

Se puede concluir en el presente trabajo que las personas le dan importancia a las promociones, cobertura y los servicios así como a la asistencia técnica. Y como resultado de dicha investigación la mayoría se inclina por la compañía telefónica Telcel, ya que de acuerdo a la encuesta las personas hacen uso de la telefonía Telcel como una de las mejores en cuanto a sus servicios. Existe una diversidad de marcas, modelos y tamaños de aparatos celulares que, en combinación con los planes tarifarios, presentan opciones que pueden adaptarse al presupuesto.

### Referencias

- Telcel,[2014],Promociones Telcel, [En Línea], Disponible en: <http://www.telcel.com/portal/promociones/begin.do?mid=1600> [2014, 20 de Octubre]
- Movistar,[2014],Asistencia Técnica, [En Línea], Disponible en: <http://www.movistar.com.mx/mimovistar-Promesas-Servicio-Tecnico> [2014, 20 de Octubre]
- Opensignal,[2014],Cobertura Movistar, [En Línea], Disponible en: <http://opensignal.com/networks/m%C3%A9xico/movistar-cobertura> [2014, 20 de Octubre]
- Identidadgeek,[2014],Costos de planes, [En Línea], Disponible en: <http://identidadgeek.com/precios-y-tarifas-en-mexico-movistar/2014/04/> [2014, 20 de Octubre]
- Movistar,[2014],Internet Movistar, [En Línea], Disponible en: [http://movistar1.custhelp.com/app/answers/detail/a\\_id/1057/~/%C2%BFcu%C3%A1les-son-los-n%C3%BAmeros-de-atenci%C3%B3n-telef%C3%B3nica-de-movistar%3F](http://movistar1.custhelp.com/app/answers/detail/a_id/1057/~/%C2%BFcu%C3%A1les-son-los-n%C3%BAmeros-de-atenci%C3%B3n-telef%C3%B3nica-de-movistar%3F) [2014, 20 de Octubre]
- Informador,[2014],Promociones Movistar, [En Línea], Disponible en: <http://www.informador.com.mx/economia/2013/454676/6/movistar-presenta-su-nuevo-plan-ilimitado.htm> [2014, 20 de Octubre]
- Competencia Telefonía, [2014],Competencia de servicios de telefonía celular, [En Línea], Disponible en: <http://html.rincondelvago.com/competencia-de-servicios-de-telefonía-celular.html> [2014, 20 de Octubre]