



**FIUSAC**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**AÑO 6 NÚMERO 1**

**GUATEMALA 2015**

**REVISTA**  
**EE**

**ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



# Editorial

**Revista de la Escuela de Estudios de Posgrado  
Año 6. Número 1**

**Escuela de Estudios de Postgrado  
Universidad de San Carlos de Guatemala, Edificio S-11  
Primer nivel, Ciudad Universitaria, Zona 12**

**Coordinación:  
Maestro Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Director**

**Dra. Mayra Virginia Castillo Montes  
Editora**

**Licda. Ruth Cardona  
Correctora de Estilo**

**Ing. Eduardo Soto Castañeda  
Diseño y diagramación**

**Impreso  
Artes Litográficos**

**Revista Anual  
Tiraje 1000 ejemplares**



## **Autoridades Facultad de Ingeniería**

Mtro. Ing. Pedro Aguilar Polanco  
Inga. Lesbia Magalí Herrera López  
Lic. Oswaldo Melendrez Gatica

DECANO  
SECRETARIA ACADÉMICA  
SECRETARIO ADJUNTO

## **Junta Directiva**

|  |           |
|--|-----------|
| Mtro. Ing. Pedro Aguilar Polanco       | Decano    |
| Ing. Angel Roberto Sic Garcia          | Vocal I   |
| Ing. Pablo Christian de León Rodríguez | Vocal II  |
| Inga. Elvia Miriam Ruballos            | Vocal III |
| Br. Raúl Eduardo Tecún Córdova         | Vocal IV  |
| Br. Henry Fernando Duarte García       | Vocall V  |

## **Escuela de Estudios de Postgrado**

Mtro. Murphy Olympo Paiz Recinos  
**Director de Escuela de Estudios de Postgrado**

## **Consejo Editorial**

Mtro. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Dra. Mayra Virginia Castillo Montes  
Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque  
Mtro. Armando Fuentes Roca  
Mtro. Marlon Antonio Pérez Türk  
Mtro. César Augusto Akú Castillo  
Mtro. Pedro Miguel Agreda Girón  
Dra. Casta Petrona Zeceña

**MISIÓN**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de San Carlos de Guatemala**

Formar profesionales de la ingeniería con valores éticos, capaces de generar y adaptarse a los cambios del entorno, conscientes de la realidad nacional y comprometidos con la sociedad, para que, a través de la aplicación de la ciencia y la tecnología apropiada, contribuyan al bien común y desarrollo sostenible del país y la región.

**VISIÓN**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de San Carlos de Guatemala**

Ser una institución académica con incidencia en la solución de la problemática nacional, formando profesionales emprendedores en distintas áreas de la ingeniería, con sólidos conceptos científicos, tecnológicos, éticos y sociales, fundamentados en la investigación y promoción de procesos innovadores orientados hacia la excelencia profesional.

**MISIÓN**  
**Escuela de Estudios de Postgrado**

Formar maestros de la ingeniería para que sean competitivos y fomenten el desarrollo del país, a través de su emprendimiento de forma ética y responsable con la realidad nacional.

**VISIÓN**  
**Escuela de Estudios de Postgrado**

Ser innovadores en la formación profesional a nivel de postgrado, con liderazgo y sólidos conocimientos de la ciencia y la tecnología, sin olvidar a la sociedad que demanda la excelencia académica.

## Carta Editorial

La presente edición de la Revista de la Escuela de Estudios de Postgrado tiene como propósito dar a conocer los alcances investigativos obtenidos por los estudiantes graduados de las diferentes áreas con las que cuenta la Escuela.

Dentro de las áreas Investigativas se presenta el Área de Gestión y Servicios; los artículos abarcan temas relacionados con la gestión industrial moderna, procesos industriales y mantenimiento industrial. Los siete artículos incluidos en esta área; seis de la maestría en Gestión Industrial y uno de la maestría en Ingeniería de Mantenimiento, tienen como objetivo global, la mejora de la productividad por medio de la implementación de procesos establecidos.

El Área de Infraestructura abarca la maestría en Estructuras, maestría en Ingeniería Geotécnica y la maestría en Ingeniería Vial. Esta edición contiene cuatro artículos de estudiantes graduados de la ingeniería Vial, un artículo de la maestría en Estructuras y un artículo de la maestría en Ingeniería Geotécnica. Los artículos referentes a la maestría en Ingeniería Vial abarcan la problemática vial actual en el país, procesos de construcción, rehabilitación y señalización por medio del análisis y la aplicación de normas establecidas.

El artículo de la maestría en Estructuras es referente al análisis y diseño de la superestructura de un puente viga-losa, el artículo de la maestría en Ingeniería Geotécnica abarca las consideraciones geotécnicas en la construcción de una porción del Túnel de la Mina Escobal, ubicado en la municipio de San Rafael Las Flores, Departamento de Santa Rosa, Guatemala.

Los artículos del Área de Desarrollo Socio Ambiental y Energético, son cuatro y abarcan los temas de: el servicio de agua, saneamiento básico y su relación con los Objetivos de Desarrollo del Milenio, generación eléctrica con recursos hidráulicos en sistemas aislados en el área rural del país, un sistema de gestión de la energía para la Universidad de San Carlos de Guatemala, así como el estudio de un modelo matemático de densidad poblacional y sus consecuencias ambientales provocadas por el manejo Integrado de la plaga de la mosca del mediterráneo.



Dentro del Área de Aplicación y Transferencia Tecnológica la cual tiene como fin la creación de sistemas y la administración de tecnologías específicas, destacan dentro de los artículos la creación de aplicaciones móviles y la automatización de un sistema de control de entrega de medicamentos.

Los aportes de los estudiantes graduados en esta edición de la Revista de la Escuela de Estudios de Postgrado están diseñados para contribuir al desarrollo del país, a nivel de maestría la formación de profesionales maestros altamente calificados para dar solución a las distintas problemáticas del país.

Mtro. Ing. Pedro Aguilar Polanco  
Decano  
Facultad de Ingeniería



# ÍNDICE GENERAL

- I. Autoridades de la Facultad de Ingeniería
- II. Misión, Visión , Facultad de Ingeniería y Escuela de Estudios de Postgrado
- III. Carta Editorial Mtro. Ing. Pedro Aguilar Polanco
- IV. Índice de contenido

La diversificación a nivel nacional de los estudios de postgrado en ciencias técnicas de Ingeniería.  
Mtro. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos .....7

## ARTÍCULOS DEL ÁREA DE GESTIÓN Y SERVICIOS

Mejora de la productividad realizando simulación con Data Mining en pronóstico de venta.  
Mtra. Inga. Irma Jeannette Orozco García.....10

Ensayos de soldadura al arco con electrodos revestidos en acero inoxidable austenítico AISI304.  
Mtro. Ing. Estuardo Santiago Celada Rios.....14

Desarrollo de un sistema logístico de control y monitoreo para mejorar la productividad en la construcción de las instalaciones eléctricas de edificios. Mtro. Ing. German de León Trinidad .....17

Factores que inciden en el desempeño de los docentes de la escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.  
Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez.....22

Evaluación y optimización de la productividad utilizando el mejoramiento estratégico de procesos (MEP) en un restaurante de comida dietética. Mtro. Ing. Saúl Elisiam Gómez Solares.....26

Utilización de la metodología Design For Six Sigma (DFSS) en el proceso de cotización de servicio de reparación de un taller de blindaje de la ciudad de Guatemala.  
Mtro. Ing. Ramón Horacio Juárez.....29

Aplicación de la Manufactura Esbelta en una empresa productora de puertas y ventanas tipo europeas para el aumento de la capacidad instalada. Mtro. Ing. Esteban Abraham Santizo Sulecio.....34

## ARTÍCULOS DEL ÁREA DE INFRAESTRUCTURA

Método Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) como una alternativa de rehabilitación de carreteras en Guatemala, proceso de construcción y normas de regularización.  
Mtro. Ing. Victor Gabriel Mendoza.....40

Análisis de la problemática vial sobre la ruta CA02W que atraviesa la población de cuyotenango, departamento de suchitepequez. Mtro. Ing. William Pérez González.....45

Análisis y diseño de la superestructura de un puente viga-losa de concreto armado de 20 metros de longitud, según normas de AASHTO STANDARD Y AASHTO LRFD, mediante la aplicación de recursos informáticos. Mtro. Ing. Elioth Vinicio Santiago Gómez.....50

Señalización vial para zonas de dificultad en visibilidad de manejo y propuesta de diseño de señalización, tramo CA-01 oriente, kilómetro 85+000 al 95+000 municipio San José Acatempa, Jutiapa, Guatemala. Mtro. Hugo Estuardo Gálvez Villanueva.....54

Análisis de agregados gruesos para la fabricación de pavimentos rígidos, en el departamento de Quetzaltenango. Mtro. Ing. José Rodolfo Herrera Noriega.....57

Consideraciones geotécnicas en la construcción de 200 m del túnel de la mina “Escobal”, en el nivel 1265, ubicado en el municipio de San Rafael Las Flores, departamento de Santa Rosa, Guatemala. Mtro. Ing. Luis Enrique Contreras Illera.....61

## **ARTÍCULOS DEL ÁREA DE DESARROLLO SOCIOAMBIENTAL Y ENERGÉTICO**

Servicio de agua, saneamiento básico y su relación con los objetivos de desarrollo del milenio. Estudio de caso: Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa. Mtro. Ing. Frendy Emilio Palma Orellana.....64

Generación eléctrica con recursos hidráulicos en sistemas aislados en el área rural. Mtro. Ing. Rene Alejandro Morales Choc.....68

Modelo matemático de densidad poblacional de *Ceratitis Capitata* (Wiedemann) y análisis de las consecuencias ambientales provocadas por el manejo de la plaga. Mtra. Inga. Mariela Lizeth Benavides Lázaro.....71

Sistema de gestión de la energía, mediante la metodología ISO 50001:2011, para la Ciudad Universitaria, zona 12, Universidad de San Carlos de Guatemala. Mtro. Ing. Mario René López de León.....75

## **ARTÍCULOS DEL ÁREA DE APLICACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA**

Prototipo de aplicación móvil android para la localización de vehículos con reporte de robo, hurto o estafa en Guatemala. Mtro. Ing. Michael Antony Colindres Hernández.....79

Carpooling GT, una aplicación para compartir vehículo una aplicación para compartir vehículo. Mtra. Inga. Gabriela María Díaz Domínguez.....83

Automatización de sistema de control de entrega de medicamentos. Mtro. Ing. José Alejo Ramírez Soto.....87

Nawomusic, aprendiendo con ritmo R-Learning: plataforma en línea con melodías que aumentan la concentración y capacidad de memorizar de las personas. Mtro. Ing. Edwin Estuardo Zapeta Gómez.....91

Optimización de la búsqueda de intereses personales en twitter utilizando modelado de tópicos. Mtro. Ing. Pedro Rafael Ruiz Porras.....96

# LA DIVERSIFICACIÓN A NIVEL NACIONAL DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO EN CIENCIAS TÉCNICAS DE LA INGENIERÍA

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en los últimos años ha venido ofreciendo programas de formación en postgrado que abarcan campos determinados y definidos como de gran necesidad nacional, como lo son el ambiental y energético, el de logística y productividad industrial, el de planificación y desarrollo de infraestructura y el de innovación en aplicación de tecnología; cada uno de ellos desarrollados en los diferentes programas que actualmente tienen vigencia, siendo ellos:



**Tabla 1. Programas de maestría activos en el 2015.**

| Maestrías   |
|---|
| Maestría en Gestión Industrial                              |
| Maestría en Ingeniería de Mantenimiento                     |
| Maestría en Energía y Ambiente                              |
| Maestría en Ingeniería para el Desarrollo Municipal         |
| Maestría en Tecnologías de la Información y la Comunicación |
| Maestría en Estructuras                                     |
| Maestría en Ingeniería Geotécnica                           |
| Maestría en Ingeniería Vial                                 |
| Maestría en Geomática                                       |

Fuente: elaboración propia. (2015)

Estadísticamente se puede mencionar que, en los últimos cinco años, la escuela de postgrado de la Facultad de Ingeniería ha presentado las siguientes cifras de estudiantes inscritos:

**Tabla 2. Estudiantes que ingresan a los programas de maestría, del 2010 al 2014.**

| Programas de Maestrías                                      | Años       |            |            |            |            |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|
|   | 2014       | 2013       | 2012       | 2011       | 2010       |
| Maestría en Gestión Industrial                              | 78         | 107        | 64         | 48         | 59         |
| Maestría en Ingeniería de Mantenimiento                     | 21         | 40         | 56         | 48         | 50         |
| Maestría en Energía y Ambiente                              | 55         | 87         | 94         | 73         | 76         |
| Maestría en Ingeniería para el Desarrollo Municipal         | 31         | 34         | 45         | 29         | 34         |
| Maestría en Tecnologías de la Información y la Comunicación | 43         | 67         | 41         | 33         | 28         |
| Maestría en Estructuras                                     | 58         | 75         | 65         | 73         | 79         |
| Maestría en Ingeniería Geotécnica                           | 38         | 39         | 41         | 38         | 27         |
| Maestría en Ingeniería Vial                                 | 37         | 48         | 57         | 57         | 55         |
| Maestría en Física  | 2          | 2          | 4          | 8          | 5          |
| Maestría en Sistemas Mención Construcción                   |            |            |            |            | 1          |
| Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente         |            |            |            | 1          |            |
| <b>Total</b>  | <b>363</b> | <b>499</b> | <b>467</b> | <b>408</b> | <b>414</b> |

Fuente: Departamento de Registro y Estadística de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Mtro. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Director Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería

paizmurphy@gmail.com

La información anterior permite evaluar que la aceptación de dichos programas se mantiene vigente y que tienen la demanda necesaria. Al año 2015, dichos datos corresponden en su gran mayoría a una concentración de estudiantes de la ciudad capital, por lo que en dos momentos se ha buscado la apertura de programas de maestría en departamentos como Cobán, Chiquimula, Escuintla y Quetzaltenango, logrando iniciar solamente en Quetzaltenango, con cohortes específicas y no con una apertura constante y periódica año con año. Lo anterior indica que los estudios de postgrado de los campos del conocimiento científico-tecnológico a nivel nacional tiene un desarrollo limitado, lo cual puede obedecer a la escasa presencia de profesionales de las ciencias exactas en las diferentes regiones de la distribución geográfica del país.

Considerar la diversificación de los programas de ingeniería conlleva compromisos, los cuales no son solo de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad, sino también de nación, y para ello debe tenerse claridad de los indicadores a nivel de país. Analizando específicamente la formación de recurso humano a todo nivel, es decir, de la educación, es posible evidenciar que el nivel educativo del país no responde a las exigencias de una nación encaminada a mejorar en forma integral la calidad de vida de sus habitantes. Como consecuencia, los perfiles de ingeniería no encuentran las condiciones ideales para el desenvolvimiento de sus competencias, donde se privilegie el desarrollo productivo de tantos sectores importantes, como el energético, el industrial, el de infraestructura, entre otros.

Información incluida en el Compendio Mundial de la Educación 2011, publicado por la UNESCO, indica que para Guatemala se determinó en el año 2008, que la tasa bruta de matrícula

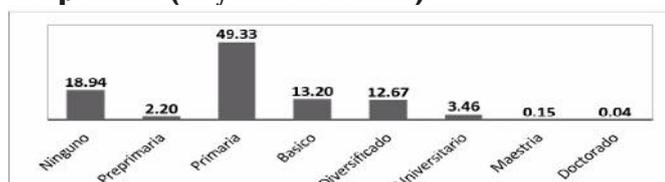
la en el primer ciclo de la educación secundaria alcanzó un porcentaje de 62%, mientras que para el nivel terciario el porcentaje fue del 18%. Con relación al Índice Multidimensional de Pobreza, CEPAL (2014, p.83) publicó que como resultado de un estudio acerca del Panorama social en América Latina, se determinó que la incidencia de la pobreza en Guatemala ascendía al 70.3%, lo cual solo era superado por Nicaragua (74.1%) y Honduras (70.5%). Dicha incidencia se manifiesta en limitaciones o exclusión en el acceso a la educación, salud y empleo, y por ende, en la calidad de vida de grandes sectores poblacionales.

Lo anterior permite explicar la debilidad del sistema educativo nacional y permite visualizar que implementar programas de formación a nivel de maestrías en ciencias exactas o en términos más sencillos, en ciencias técnicas, tiene un panorama bastante complejo en Guatemala. Si desde un inicio el recurso humano es capacitado para otras competencias y con otros perfiles, no se puede después tener aportes y avances en otros escenarios importantes para el país. Las deficiencias en calidad y cobertura de la educación en todo el país, constituyen algunas de las causas de la poca aceptación e impulso de los programas a nivel de postgrado.

La realidad al día de hoy es que, de las catorce universidades legalmente constituidas para poder funcionar en el país, dos o tres de ellas impulsan programas de ciencias técnicas a nivel nacional, los cuales también deben ser objeto de evaluación a efecto de medir su impacto en el tan soñado desarrollo nacional, del cual todas las universidades son responsables de su aporte y contribución. Mostrando algunas estadísticas de la cobertura de la educación es posible analizar algunos datos aportados por el INE. Dentro de las estadísticas disponibles, puede estimarse la cantidad de graduados universitarios a niveles de licenciatura, maestría y doctorado.

La información que produjo la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida (2014) muestra que menos del 5% de la población posee un título universitario. De acuerdo con dicha encuesta, la cantidad de graduados universitarios para cada nivel es cercana al medio millón. En la Gráfica 1 se muestra que el porcentaje de guatemaltecos que han realizado estudios a nivel de maestría es bajo mientras que el porcentaje correspondiente a personas con estudios de doctorado es tan bajo que su significatividad porcentual es muy cercana a cero.

**Gráfica 1. Porcentaje de personas según nivel educativo aprobado (Mayores de 7 años)**



Fuente: Elaboración propia con datos de ENCOVI 2014. (Valores porcentuales).

A continuación, se presenta información respecto a la cantidad de profesionales egresados del nivel universitario.

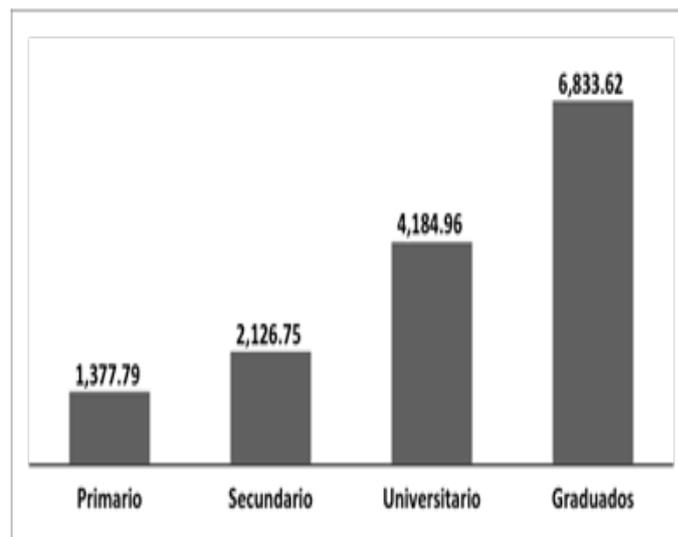
**Tabla 3. Número de Profesionales, según nivel educativo (superior) más alto aprobado**

| Nivel Educativo | Cantidad |
|-----------------|----------|
| Universitario   | 464,441  |
| Maestría        | 20,740   |
| Doctorado       | 4,966    |
| Total           | 490,147  |

Fuente: INE, ENCOVI 2014.

A partir de dicha información es pertinente preguntar qué tipo de inversión se ha impulsado a nivel nacional y tampoco se puede negar la debilidad que se tiene como nación en estos aspectos. Además, teniendo un país con un alto nivel de pobreza, como se refleja en los resultados de la reciente medición realizada por el INE, estando el nivel educativo muy asociado con el salario promedio, resulta necesario conocer la información referente a Empleo e Ingresos 2015, la cual se muestra a continuación.

**Gráfica 2. Salario promedio según nivel de estudios.**

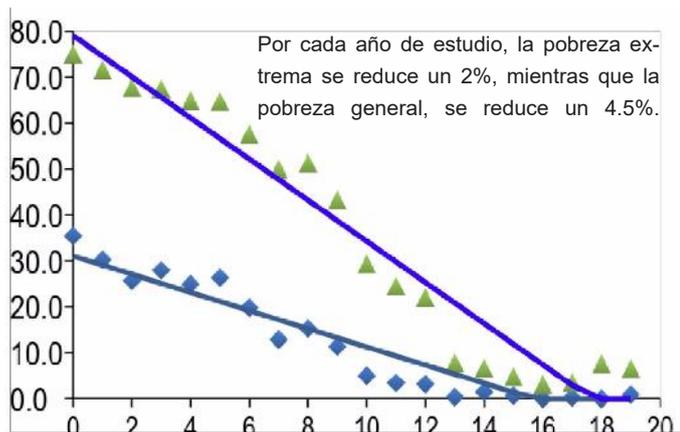


Fuente: elaboración propia con datos de INE 2015. (Valores en quetzales a mayo 2015)

En promedio, los profesionales guatemaltecos devengan mensualmente Q 6,833.00 equivalentes a un 40% mayor que los trabajadores que se ha matriculado en la universidad.

Es interesante la correlación que se determina entre el nivel de estudio de los guatemaltecos y el nivel de pobreza. Con datos de la ENCOVI 2014, se obtuvo la siguiente relación.

**Grafica 3. Porcentaje de pobreza vs años de escolaridad.**



**Fuente: Elaboración propia con datos de ENCOVI 2014.**

La información anterior permite afirmar que la formación universitaria a nivel de postgrado constituye una alternativa de desarrollo humano, cuyo aporte a la reducción de los índices de pobreza y pobreza extrema en el país, es evidente. En tal sentido la diversificación de oportunidades formativas de alto impacto para el desarrollo del país debiera constituirse en una política prioritaria impulsada tanto por las universidades como por los entes que dirigen el destino de Guatemala. En este contexto, no basta con ofrecer más programas de postgrado, sino que debe impulsarse la cobertura a todo el país, insistiendo en el impacto que tengan dichos programas en la solución de problemas de interés nacional.

Es conveniente dejar claro que al hablar de diversificación de programas de postgrado con bajo impacto, se hace referencia a los programas de formación en la ciencias técnicas de las diferentes ramas de la ingeniería, ya que pueden haber posturas contrarias y al mismo tiempo, que sectores alternativos muestren datos de programas que si han tenido evolución y presencia a nivel nacional; en tal caso es de analizar su enfoque, su campo de trabajo y poder evidenciar si se hace referencia a lo mismo.

Sería interesante discutir ahora sobre el acceso laboral y evaluar qué espacios se apertura año con año a nivel nacional, pero sin olvidar lo mostrado anteriormente, lo cual induce a tener un panorama poco alentador. Su importancia radica en el impacto para los sectores relacionados con los estudios de postgrado y a la gran búsqueda de mejores condiciones, es por ello que la incidencia a nivel de país sigue siendo baja, y los estudios de postgrado al día de hoy en términos generales son modelos únicamente de superación personal.

Lo anterior conduce a revisar constantemente como universidades los resultados de cómo evoluciona el país, ver nuevos focos de desarrollo y establecer programas de postgrado exitosos como lo son las especializaciones, que certificar en un tiempo corto al recurso humano necesario para preparar un modelo más certero de incidencia a todo nivel. Las especializaciones pueden resultar la me-

jor estrategia para los años siguientes y poder cumplir con compromisos de nación y propiciar programas diversificados la posibilidad de la satisfacción del propio participante.

Nuevamente, se insiste en enfatizar la importancia de la presencia de las universidades a nivel nacional, y esto no significa que no existan actualmente, sino de navegar en otros campos del conocimiento, los que la época actual exige y que el estado como nación está obligado a impulsar. Las ciencias técnicas de la ingeniería deben emerger con todo el impulso posible para hacerlas sostenibles y de incidencia, con el apoyo de todos los sectores y con ello poder evaluar en determinado tiempo su aporte y prestancia en la búsqueda de tantas soluciones técnicas que hoy tienen el carácter de emergencia, de lo contrario se estará condenando a las nuevas generaciones de guatemaltecos a los mismos errores del presente.

## Conclusiones

1. Los estudios de postgrado son prioritarios en cualquier política de desarrollo nacional y las universidades deben agendar en sus ofertas académicas el impulso a los mismos.
2. En la medida de lo posible, los estudios de postgrado deben obedecer a líneas estratégicas de impulso nacional, donde se superen las condiciones mínimas de calidad de vida.
3. La descentralización de los estudios de postgrado debe continuar, hasta lograr incidir en cada región del país y tener los mejores perfiles de recurso humano con las competencias necesarias.

## Bibliografía

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Panorama Social de América Latina, 2014, (LC/G.2635-P), Santiago de Chile, 2014.
- Instituto de Estadística de la Unesco. (2011). Compendio Mundial de la Educación 2011. Montreal, Canadá: Transcontinental Métrolitho.
- Instituto Nacional de Estadística. (2015). Encuesta Nacional de Condiciones de Vida 2014. Febrero 2016, de Instituto Nacional de Estadística Sitio web: <http://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2016/02/03/bWC7f6t7aSbEI4wmuExoNR0oS cpSHKyB.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística. (2015). Encuesta Nacional de Empleo e Ingresos 1-2015. Febrero 2016, de Instituto Nacional de Estadística Sitio web: <http://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2015/12/30/gudIVb36f2yIqWiEAitloAb0hiLpTFog.pdf>

## MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD REALIZANDO SIMULACIÓN CON DATA MINING EN PRONÓSTICO DE VENTA

### Resumen

La implementación del algoritmo GLM en el cálculo del pronóstico de ventas mejoró la productividad en una planta productora de productos para el cabello. La simulación se aplicó a la línea completa de productos que se produce y distribuyen en todo el país.

La aplicación de la herramienta Oracle Data Mining (ODM) optimizó los procesos considerablemente.

### Palabras clave

Productividad, Oracle Data Mining, simulación, algoritmo Generalized Linear Models, cadena de valor, FODA.

### Abstract

GLM algorithm implementation in the calculation of sales forecasting improved productivity in a plant producing hair products. The simulation is applied to the entire line of products manufactured and distributed republic level.

The implementation of the ODM tool (Oracle Data Mining) processes optimized considerably.

### Keywords

Productivity Oracle Data Mining, simulation algorithm Generalized Linear Models, value chain, SWOT

### Desarrollo del tema

El problema reportado por la planta productora sobre la reducción de ventas, se analizó a través de FODA, principalmente en la cadena de valor, lo cual permitió confirmar la falta de un pronóstico de ventas.

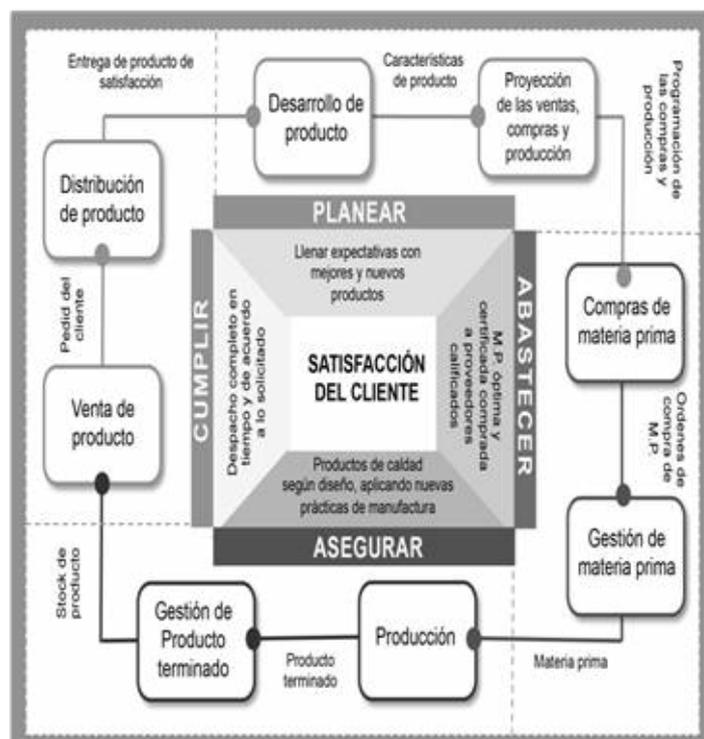
Se estudió la cadena de valor iniciando con la proyección de ventas, compras de materia prima e insumos, producción, distribución y concluyendo en un ciclo continuo con la satisfacción del cliente.



Irma Jeannette Orozco García  
Ingeniería Industrial  
abmj12@gmail.com

MA. Ing. Everest Darwin Medinilla Rodríguez  
Administración de Empresas con especialidad en Mercadeo  
emedin@gmail.com

Figura 1. Cadena de Valor



Fuente: elaboración propia

Al analizar la cadena de valor se concluyó que la debilidad a lo largo de la misma era la falta de un pronóstico de ventas, por lo que la implementación de una herramienta tecnológica se consideró que ayudaría a mejorar la productividad por

La metodología para la simulación con Data Mining, consta de 6 pasos. La comprensión del negocio a través de FODA, la comprensión de datos a utilizar, la preparación de datos a través de la desnormalización, la construcción del modelo, aplicación de modelos supervisados de regresión, la evaluación del mejor método de pronóstico GLM, presentación de resultados de implementación del pronóstico de ventas y la discusión de la simulación y sobre la importancia en la mejora de la productividad.

**Figura 2. Análisis FODA**



Fuente: elaboración propia.

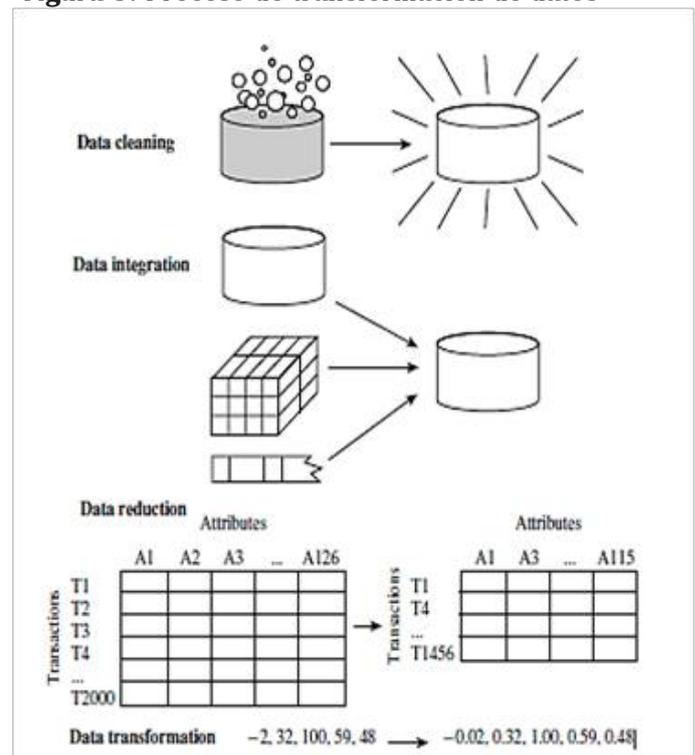
La comprensión del negocio se analizó a través de la cadena de valor.

La adquisición de datos se basó en el histórico de ventas correspondiente al período del 2009 al 2013, los cuales fueron desnormalizados resultando en 27125 datos de entrada para la simulación divididos en 80% de datos para simular y 20% de prueba.

En la siguiente figura se observa el proceso de transformación de datos.

Inicialmente se recopilaron datos de facturación, clientes, productos y vendedores los cuales fueron identificados con problemas de calidad; la recopilación e integración de datos fue relevante para una buena elección, por lo que la limpieza eliminó datos incorrectos y finalmente la transformación o desnormalización de datos permitió tener datos confiables. La data confiable fue almacenada en tablas de base de datos con atributos que eran importantes para realizar el pronóstico de ventas.

**Figura 3. Proceso de transformación de datos**



Fuente: Han J, Micheline, K, Pei J (2012). Data Mining, (p. 87)

Después de la desnormalización de datos se procedió a realizar la simulación con la aplicación del modelo supervisado de regresión corriendo el algoritmo GLM Generalized Linear Models. Los indicadores para determinar que el método elegido es confiable como los siguientes.

**Tabla 1. Modelo de regresión**

| Variable                              | Indicadores   |
|---------------------------------------|---|
| Coefficiente $R^2$                    | Valor muy cercano a 1, esto indica que la línea de regresión se aproxima a las unidades reales vendidas por producto. |
| Error de media cuadrada               | Valor muy cercano a 0 indica exactitud en el modelo.  |
| Bondad del modelo $F$ -value          | Valor alto, lo que determina que el modelo es confiable.  |
| GMSEP error estimado de la predicción | Valor muy cercano a 0 determina que el modelo es confiable.   |

Fuente: elaboración propia.

## Resultados Obtenidos

La simulación del GLM sobre el histórico de ventas, Data Mining proporcionó los siguientes datos estadísticos

**Tabla 2. Simulación GLM**

| NOMBRE                 | VALOR         |
|------------------------|---------------|
| ADJUSTED_R_SQUARE      | 0.99999818    |
| AIC                    | -35,348.33658 |
| COEFF_VAR              | 0.10859182    |
| CORRECTED_TOTAL_DF     | 5,436         |
| CORRECTED_TOT_SS       | 4,458,528.9   |
| DEPENDENT_MEAN         | 35.5696156    |
| ERROR_DV               | 5,403         |
| ERROR_MEAN_SQUARE      | 0.00149194    |
| ERROR_SUM_SQUARE       | 8.06097459    |
| F_VALUE                | 90,377,008.55 |
| GIMSEP                 | 0.00150133    |
| HOCKING_SP             | 0.00000028    |
| J_P                    | 0.00150127    |
| MODEL_CONVERGED        | si            |
| MODEL_DF               | 33            |
| MODEL_F_P_VALUE        | 0             |
| MODEL_MEAN_SQUARE      | 134,837.4566  |
| MODEL_SUM_SQUARES      | 449,636.069   |
| NUM_PARAMS             | 34            |
| NUM_ROWS               | 5,437         |
| ROOTS_MEAN_SQ          | 0.03862569    |
| R_SQ                   | 0.999999819   |
| SBIC                   | -35,123.90316 |
| VAUD_COVARIANCE_MATRIX | no            |

Fuente: elaboración propia.

Al implementar el algoritmo GLM, el coeficiente  $R^2$  tiene un valor de 0.99999818 el cual es muy cercano a 1. Según Puente (1995, p. 528) "un valor muy cercano a 1 significa perfecta predicción. "La línea de regresión se aproxima perfectamente a los datos reales de unidades vendidas por producto.

Según Arnau (1996, p. 104) "los criterios de información muestran la evaluación de bondad de los modelos", por lo que al presentarse el valor reducido del criterio de evaluación de información de Akaike (AIC) indicará un buen desempeño del mo-

delo. El número resultante en la simulación de este modelo es muy pequeño (-35,348) por lo que la ventaja de este modelo es útil para el desempeño de la predicción de ventas dado que este número evalúa el ajuste del modelo a los datos.

Las variables e indicadores mostrados en la tabla No. 2 fueron el resultado de la simulación con ODM, los cuales ayudaron a determinar que el algoritmo que la planta productora debe implementar es GLM (Generalized Linear Models).

La mejora continua es parte importante de la implementación de la herramienta ODM, ya que factores externos como precios en el mercado, poder adquisitivo, cambios en los impuestos, entre otros, pueden afectar el pronóstico de ventas; por lo que la alimentación de data es indispensable

La mejora de la productividad se logró con la implementación del modelo de Regresión GLM, logrando estabilizar de esta manera la planta productora.

Con la implementación de los datos del pronóstico de ventas proporcionados por ODM (Oracle Data Mining) se observan cambios notables, mejorando de esta manera la productividad:

- Aumento en unidades producidas por operario en un 12%.
- Reducción al 100% en la devolución de producto por estar en malas condiciones, debido al cumplimiento al 100% en los controles en producción.
- Eliminación gradual en el pago de horas extras, desde el inicio de la implementación.
- Cumplimiento en entrega de producto terminado en tiempo y cantidad solicitada por el cliente.
- Aumento en ventas del 10 %.
- Reducción gradual en consumo de energía eléctrica y agua, por ser insumos de producción.
- Eliminación al 100% de tiempos muertos en la producción, ya que al tener un pronóstico real de ventas la planificación de la producción se adapta al número de operarios, jornadas de trabajo y pronóstico.
- Reducción del 8 % en el costo del producto.
- Cumplimiento al 100% en los controles en producción como análisis fisicoquímicos, tiempo de cuarentena establecido por el Ministerio de Salud; asegurando de esta manera la calidad en los procesos y operaciones.

Después del análisis del retorno sobre la inversión con base en el costo total de la propiedad del proyecto (servidor, base de datos, herramienta de minería de datos, alta disponibilidad, instalación, configuración, programación del modelo, capacitación, so-

porte técnico y asesoría, derechos, actualizaciones, productividad, facilidad para realizar cambios) se decidió utilizar ODM, porque presenta un ROI mayor en relación a otros como Forecast, Pro, R entre otros.

El aporte de la implementación de ODM genera valor en los procesos del negocio, ya que al implementar el algoritmo GLM en el pronóstico de ventas disminuirán las debilidades de la cadena de valor, desde la proyección de ventas hasta la distribución del producto terminado.

La influencia de tener un adecuado pronóstico de ventas en los procesos es determinante, debido a que al no tenerlo, perjudicará el proceso central de la cadena de valor a la satisfacción del cliente.

El valor de la herramienta depende de los beneficios que aporta a la cadena de valor.

## Conclusiones

1. La simulación con Data Mining determinó que el mejor método para implementar y encontrar el pronóstico de ventas que mejore la productividad es el de regresión y algoritmo GLM (General Linear Models).

2. El análisis FODA de la cadena de valor determinó que el factor común en las amenazas y debilidades es la falta de un pronóstico de ventas resultando en el no cumplimiento de la satisfacción del cliente. En el caso de las fortalezas y oportunidades existe compromiso de parte del recurso humano y de la Gerencia General.

3. La cantidad de datos utilizados en la simulación fue de 27,125 registros los cuales fueron el resultado de la desnormalización de datos correspondientes al período del 2009 al 2013.

4. Los indicadores obtenidos en la simulación aseguran que el algoritmo GLM es el más confiable para aplicarse con un porcentaje de confianza del 99.8627 % y un error promedio de 0.0283

5. La mejora de la productividad después de implementar el pronóstico de ventas, se generó a través del conjunto de resultados positivos en factores productivos, indicador de satisfacción del cliente con valor 2, por cumplimiento en tiempo y cantidad solicitada, aumento de 10% en ventas y reducción del 8% en el costo del producto.

## Recomendaciones

1. Implementar el modelo de regresión y algoritmo GLM (Generalized Linear Models) para encontrar

el mejor pronóstico de ventas, que contribuirá en la mejora de la productividad en la planta productora.

2. La mejora continua de la implementación del algoritmo GLM, debe ser realizada en la cadena de valor cada año, analizando las fortalezas, amenazas, oportunidades y debilidades, debido a que factores externos podrían afectar el pronóstico.

3. El cálculo de pronósticos es recomendable elaborarlos por año para evaluar flujos de efectivo al momento de importar materia prima, para determinar la capacidad de la planta y el compromiso comercial. Se sugiere realizarlo mensualmente para hacer una proyección ajustada a los cambios que se pueden dar en el mercado, y semanal para validar el plan de producción.

4. La versatilidad de esta herramienta ODM, permite pronosticar ventas por cliente, región, vendedor, se aconseja hacer uso de ODM para dar un seguimiento personalizado y puntual. Sacar provecho de otras aplicaciones de ODM como fraude de clientes, fidelización del cliente, entre otros.

## Bibliografía

- Arbós, L. C. (2011). *Organización de la producción y dirección de operaciones*. Madrid: Ediciones Diaz.
- Arnau, J. (1996). *Métodos y técnicas avanzadas de análisis de datos en ciencias del comportamiento*. Barcelona: Ediciones Universitat de Barcelona.
- Boland, L., Carro, F., Stancatti, M., & Gismano, Y. (2007). *Funciones de la Administración, Teoría y práctica*. Buenos Aires, Argentina: UNS.
- Han, J., Micheline, K., & Pei, J. (2012). *Data Mining Concepts and Techniques*. United States of America: Elsevier.
- Puente, C. V. (1995). *Una guía para la investigación*. Madrid: Complutense.

## ENSAYOS DE SOLDADURA AL ARCO CON ELECTRODO REVESTIDO EN ACERO INOXIDABLE AUSTENÍTICO AISI 304

### Resumen

Para realizar los ensayos de soldadura con electrodo revestido en acero inoxidable austenítico AISI 304, se identificó las propiedades y consideraciones metalúrgicas del acero, luego se analizaron las fallas más representativas en los elementos de acero inoxidable soldados por arco eléctrico (SMAW).

Los defectos se encontraron en: tuberías de conducción de agentes químicos, tensores de cadenas e intercambiadores de calor. Con base en lo examinado se propusieron los procedimientos de soldadura a ensayar. Posteriormente se efectuaron ensayos de dureza, líquidos penetrantes y ensayo de corrosión. Los resultados revelaron que el método propuesto disminuye la probabilidad de presentar fallas por el control que se tiene en el calor de entrada de la soldadura. La aplicación en casos específicos mostró mejores resultados.

### Palabras clave

Soldadura (SMAW), AISI 304, métodos de soldadura y ensayos.

### Abstract

To perform the tests of welding with electrode coated in stainless steel austenitic AISI 304 properties identified and steel metallurgical considerations, then analyzed the most representative failures in the stainless steel elements solders by electric arc (SMAW). Defects were found in: piping of chemical agents, tensioning of chains and heat exchangers. Based on the examined proposed welding procedures to rehearse. Hardness testing, liquid penetrant and corrosion test were subsequently made. The results revealed that the proposed method decreases the likelihood of present failures by the control that is in the heat of the welding input. The application in specific cases showed better results.

### Keywords

Welding (SMAW), AISI 304, welding and testing.

### Desarrollo del tema

Para desarrollar el procedimiento adecuado de soldadura, el proyecto se realizó en dos fases; en la



Estuardo Santiago Celada Rios  
Ingeniero Mecánico  
santiago\_celada@yahoo.com

Roberto Alejandro Aguilar Rivas  
Doctor en Metalurgia  
raarivas@hotmail.com

primera, se identificaron los defectos más representativos en los procesos de soldadura con arco eléctrico, los cuales se resumen en: corrosión intergranular, corrosión bajo tensión, corrosión por picadura y fisuras. Posteriormente, se comprobó la soldabilidad del acero haciendo referencia a los diagramas de composición, consideraciones metalúrgicas del material y el análisis de fallas en casos reales. La fase experimental comprende la evaluación de los procedimientos de soldadura integrando los conceptos investigados.

Para el levantado de cordones se utilizaron dos procedimientos, el método que actualmente se emplea en soldadura (Horwitz, 1984) y el método de traslape propuesto por Aguilar Rivas y Celada (2012). Los ensayos se describen de la siguiente forma:

- La primera prueba (Método "B") se procedió a efectuar los cordones de forma lineal sin oscilar. Cuando se realiza el primer cordón se pulen las dos orillas con el disco de corte, luego se realiza el otro cordón con traslape al 50 % del anterior y de igual forma se pulen las orillas. Este procedimiento se desarrolla en todos los cordones hasta llenar toda la superficie de la probeta.
- En la segunda prueba (Método "A") se realizaron los cordones de forma escalonada, es decir, uno a la par del otro, luego entre estos se realiza otro para llenar el espacio vacío. Se pulen los defectos superficiales cuando se termina de llenar la superficie.

Los siguientes incisos comprenden los ensayos realizados a las muestras de acero inoxidable soldadas con ambos métodos con su respectivo resultado.

**(a) Ensayo de dureza**

Se miden las durezas pre y postsoldadura de las muestras de acero inoxidable según norma ASTM 18. Se utilizó un durómetro HR-150<sup>a</sup>, medido en Rockwell C, a diferentes distancias del cordón de soldadura, específicamente, en la zona de fusión, la zona afectada por el calor y el material base.

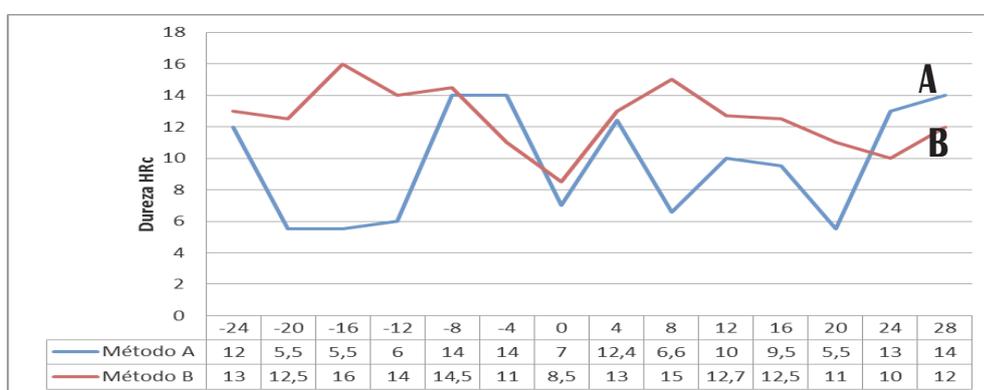
La gráfica 1 describe el promedio y la tendencia de los resultados obtenidos luego de varias pruebas, se toma como “0” la zona de soldadura midiendo de cada lado del cordón de soldadura.

El material base tiene en promedio una dureza de 14-16 HRC.

La gráfica 1 muestra que la dureza no cambia drásticamente durante la soldadura. La dureza en la zona de material de aporte para ambos métodos, es muy similar entre 7-9 HRC.

Por su parte, en la zona afectada por el calor, la tendencia del método A swon puntos focalizados de mayor dureza y una distribución heterogénea. El método B muestra una mejor distribución muy similar al material base.

**Gráfica 1. Promedio de durezas encontradas**

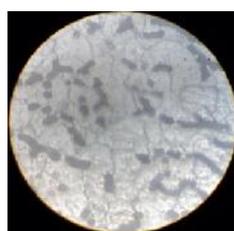


Fuente: elaboración propia

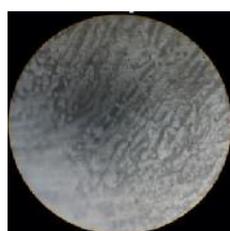
**(b) Ensayo de resistencia a la corrosión**

Para la observación del grado de sensitización de las probetas de acero inoxidable AISI 304 luego de los procedimientos de soldadura se aplicó el ataque con ácido oxálico según norma ASTM A-262 procedimiento A. Cuando aumenta el grado de sensibilización aumenta el número de granos que pueden ser más fácilmente atacados, incrementando la velocidad de corrosión. Esta prueba visualiza los granos que fueron afectados durante la soldadura, figura 1. Las estructuras encontradas con el ataque con ácido oxálico se aprecia por parte del método A estructuras ditch. La prueba B muestra estructuras descritas como “piscinas de ferrita”.

**Figura 1. Estructuras encontradas**



Prueba método A



Prueba método B

Fuente: elaboración propia.

**(c) Ensayo de líquidos penetrantes**

Se realizó el ensayo de líquidos penetrantes utilizando un coloreado visible lavable con agua, según método A norma ASTM E-1418, para la revelación de porosidades y fisuración superficial. Se muestran por parte del método A mayor cantidad de defectos, como porosidades, sobremonta, distorsión y salpicaduras. En resumen, la tabla 1 muestra los defectos encontrados en las probetas ensayadas.

**Tabla 1. Defectos encontrados en la soldadura**

| Defecto                 | Recurrencia | Porcentaje |
|-------------------------|-------------|------------|
| Porosidad               | 4           | 25.0%      |
| Sobremonta              | 4           | 25.0%      |
| Corrosión intergranular | 3           | 18.8%      |
| Distorsión              | 2           | 12.5%      |
| Salpicadura             | 2           | 12.5%      |
| Inclusiones de escoria  | 1           | 6.2%       |

Fuente: elaboración propia.

## Discusión de resultados

- En el ensayo de dureza se observó una tendencia heterogénea por parte del procedimiento convencional de soldadura probablemente por la formación de carburos y zona de calor más extendida debido al descontrol en el calor de entrada.
- La prueba de ácido oxálico muestra estructuras ditch en el método "A" indicando corrosión intergranular de las muestras, probablemente zonas de formación de carburos revelados en el ensayo de dureza.
- El ensayo de líquidos penetrantes revela defectos por parte del método "A" como inclusiones de escoria, distorsión, salpicaduras y sobremonetas. El fenómeno se debe a la mala distribución de los cordones de soldadura y la falta de limpieza lo cual puede resultar en algún fenómeno corrosivo.

## Consideraciones del procedimiento

- Antes de comenzar cualquier soldadura en aceros y específicamente en acero inoxidable debe removerse toda clase de suciedad.
- Para soldadura plana el electrodo debe mantener un ángulo de 15° y la parte superior inclinada en el sentido de avance. El arco debe mantenerse lo más corto posible sin oscilar. Al aplicar multipasadas implementar el procedimiento de traslape al 50 %.
- El amperaje a emplear no deberá ser muy bajo, produciendo un arco inestable, en ocasiones, provocando que el electrodo se adhiera al material base lo cual produce inclusiones de escoria, un excesivo salpicado e irregularidad en el cordón. Un amperaje demasiado alto producirá un salpicado excesivo con pérdida de material, fisuración, distorsión y pérdida de resistencia a la corrosión por la difusión del cromo al introducir exceso de calor en la soldadura.
- Antes de efectuar una soldadura, se recomienda realizar pruebas con materiales de chapas aproximadas para verificar el amperaje adecuado.

## Conclusiones

1. Los defectos más recurrentes que se encontraron en los elementos ensayados en acero inoxidable austenítico soldados al arco eléctrico con electrodo revestido consistieron en: un 25,0 % de porosidad, 25,0 % en sobremoneta, 18,8 % por corrosión intergranular y corrosión bajo tensión, 12,5 % en distorsión, 12,5 % en salpicaduras, y 6,2 % en inclusiones de escoria; debido a su recurrencia en: limpieza inadecuada de la pieza de

trabajo, distribución de los cordones de soldadura, temperaturas elevadas y enfriamiento inadecuado de las secciones soldadas y arco inestable.

2. Al revisar los procedimientos de soldadura se encontró que el procedimiento propuesto mejora la calidad del trabajo al disminuir el calor de entrada reduciendo la posibilidad de introducir defectos como son la corrosión intergranular y fisuración.

## Recomendaciones

1. Para mejorar la calidad de las piezas soldadas es necesario realizar una evaluación del medio al cual se someterá la pieza tratada, el acero inoxidable 304 es vulnerable al ataque de cloruros, los cuales son empleados en diversos procesos industriales.
2. Para continuar las líneas de investigación, específicamente en el área de Diseño y Metalurgia de la Soldadura, implementar el procedimiento propuesto en otros tipos de procesos al arco eléctrico como son: GTAW y GMAW. Realizando la evaluación con los ensayos correspondientes, principalmente el ensayo de corrosión.

## Bibliografía

- Aguilar, R. (2006). *Corrosión y Aceros Inoxidables. Proyectos de Investigaciones Metalúrgicas* (1)(1), 1-31.
- ASM International (2005). *Welding, brazing and soldering. Metals Handbook* (6). ASM International. Ohio
- Celada, E (2012). *Metodología para el reacondicionamiento de ejes de acero al carbono, AISI 1045, por medio de soldadura. (Tesis de Licenciatura en Ingeniería Mecánica). Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.*
- Horwitz, H. (1984). *Soldadura. Aplicaciones y práctica*. México: Representaciones y Servicios de Ingeniería.
- Lippold, J & Kotecki, D. (2005) *Welding Metallurgy and Weldability of Stainless Steel*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Norma ASTM A 262 (2005). *Detectar la susceptibilidad del acero inoxidable al ataque de corrosión intergranular*.

# DESARROLLO DE UN SISTEMA LOGÍSTICO DE CONTROL Y MONITOREO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE EDIFICIOS

## Resumen

La investigación se enfoca a resolver el bajo desempeño del manejo y mala utilización de los materiales eléctricos en la construcción de las instalaciones eléctricas de edificios. El estudio se realizó en la construcción de las instalaciones eléctricas de dos edificios situados en las zonas 9 y 10, de la ciudad de Guatemala, en donde se obtuvieron los datos de presupuestos y costos de materiales para su comparación futura; con proyectos donde se realice la implementación, de los diferentes procesos que integran la metodología objeto de estudio, para obtener los indicadores que manifiestan la productividad y rentabilidad del proyecto. Al aplicar en las obras en construcción, la metodología que se describe en la investigación, se logró un incremento de la rentabilidad calculado del 7.4 %, mejorando la productividad al reducir los costos de la obra.

## Palabras Clave

Instalaciones eléctricas, monitoreo, control, productividad, rentabilidad.

## Abstract

The research is focused on solving the low performance management and misuse of electrical materials in the construction of electrical installations of buildings. The investigation was made in the construction of power facilities of two buildings located zones 9 and 10, in the Guatemala City. The data obtained, of budgeting and materials costs, for future comparison with projects where the implementation will be made, the different processes that make up the object of study methodology, for get was used to determine the different indicators that show the productivity and profitability of the project. When applying the construction sites, the methodology described in the investigation, an increase of the 7.4% calculated in the profitability, improving productivity by reducing the costs of the construction.

## Keywords

Electrical installations, monitoring, control, productivity, profitability



German Leonel De León Trinidad  
Ingeniero Electricista  
gldeleon@intelnnett.com

MSc. Ing. Cesar Adrián Estrada Duque  
Magíster en Reingeniería y Tecnologías de Aseguramiento  
cesaradriane@gmail.com

## Desarrollo del tema

El estudio se enfoca en resolver un problema latente en una empresa de instalaciones eléctricas; uno de los factores encontrados es el bajo desempeño de uso y manejo de los materiales eléctricos en la construcción de las instalaciones eléctricas.

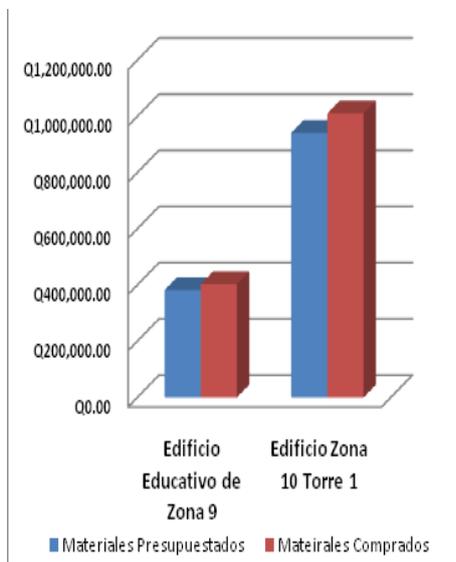
Adicionalmente, la proyección de rentabilidad se ve disminuida considerablemente. Al desarrollar la investigación se contó con la información de costos de materiales, presentada por la empresa, de proyectos similares donde detectaron un incremento en la compra de materiales eléctricos respecto a los presupuestados.

El objetivo general del trabajo busca desarrollar un sistema logístico de control y monitoreo de materiales eléctricos, para incrementar la productividad y rentabilidad en la construcción de las instalaciones eléctricas de edificios.

El concepto de logística es considerado uno de los principales modelos para un eficiente manejo de los materiales en una obra en construcción. La logística se puede considerar como "La planificación, organización y control de todas las actividades de movimiento y almacenamiento que facilitan el flujo de materiales desde la fuente al consumo, para satisfacer la demanda al menor costo, incluidos los flujos de información y control." (Martínez, 2011, p. 1).

Previo a establecer la metodología, el enfoque de la investigación se da a la compra de materiales eléctricos contra los materiales presupuestados en los proyectos de estudios previos, cuyos datos se observan en la figura 1:

**Gráfica 1. Comparación de utilización y compra de materiales**



Fuente: elaboración propia.

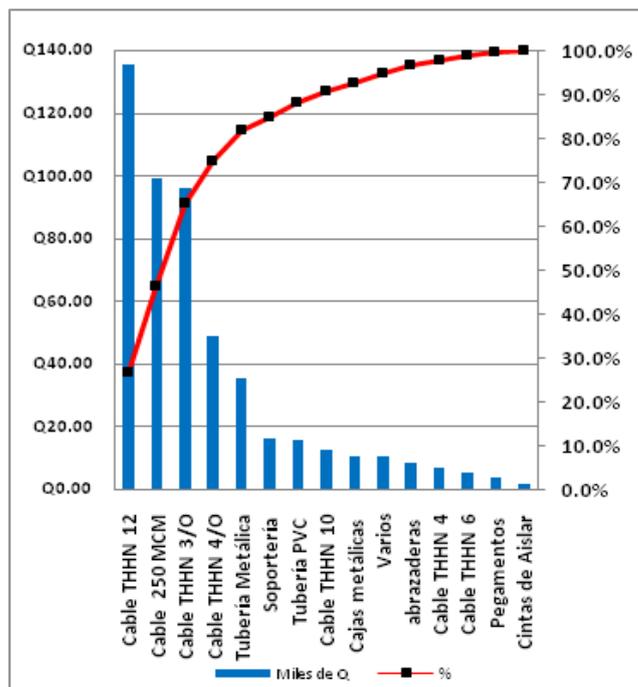
En la gráfica 1, se observa que en los dos proyectos se gastó más quetzales en la compra de los materiales eléctricos que los presupuestados, por lo que se puede determinar que se obtuvo pérdida en el proceso. La pérdida representa en el proyecto de la zona 9 el 5.22% y en el proyecto de la zona 10 de 6.89%.

El diagrama de Pareto según Rojas (2008, p. 24) es una herramienta que ilustra por medio de un gráfico los problemas o elementos de un proceso en orden de prioridad, según la frecuencia con la que se dan. El diagrama es similar a un histograma con valores decrecientes, esta gráfica se conjuga con una curva de tipo creciente que observa los valores de grado de importancia de los elementos respectivamente.

Al obtener más datos respecto a la cantidad de materiales que se utilizaron en el proyecto de la zona 10 y ordenarlos en un diagrama de Pareto se puede observar en la gráfica 2.

En la gráfica 2, se pueden identificar los materiales que tienen un costo elevado en las instalaciones eléctricas de edificios; siendo los conductores eléctricos de cobre, cubriendo aproximadamente un 70% del costo total, por lo cual es necesario poner énfasis en el manejo y control de dicho material.

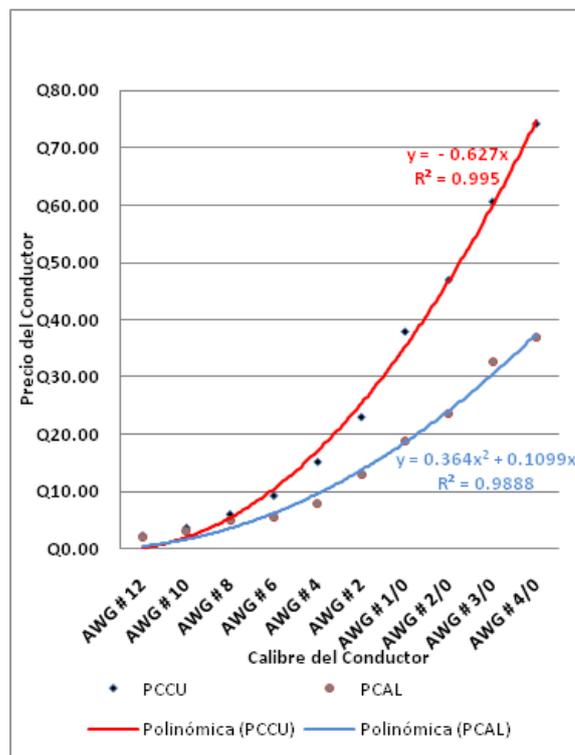
**Gráfica 2. Diagrama de Pareto de costo de materiales edificio zona 10**



Fuente: elaboración propia.

Para mejorar la rentabilidad en el uso del conductor eléctrico, se determinó la conveniencia de reemplazar el conductor de cobre por el conductor de aluminio, cuya comparación de precios y conductores en calibres equivalentes, se ordenan en la gráfica 3:

**Gráfica 3. Tendencia de precios del cobre y aluminio**



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica 3, se puede observar la tendencia cuadrática de los precios del conductor de cobre con modelo matemático  $y = 0.8107x^2 - 0.6272x$  y  $R^2 = 0.9955$ , observando una representación gráfica parabólica creciente del conductor de aluminio con modelo matemático  $y = 0.364x^2 + 0.1099x$  y  $R^2 = 0.9888$ , observando una función parabólica también con tendencia creciente un poco más suavizada, con coeficientes de determinación cercanos a la unidad, ambas gráficas, por lo que se pueden considerar un modelo matemático de gran estabilidad y adecuado para realizar predicciones.

Salustiano (2012, p. 3) menciona que si se desea sustituir el conductor de aluminio por el conductor de cobre, en sistemas de eléctricos se debe considerar que se necesita un conductor de aluminio con un área de 66 % mayor que la del cobre.

Durante el desarrollo del trabajo se determinó que para lograr el objetivo general, se debía robustecer la cadena de suministros, desde su inicio con la selección de proveedores, solicitud de compras, control de inventarios, revisión de trabajos hasta la entrega final de la obra.

Para tal fin, la propuesta lleva consigo una serie de pasos, descritos a continuación:

1. Logística de compras, que incluye desde la selección adecuada de los proveedores, su calificación como tales hasta un manejo de precios competitivos y de acuerdo a los requisitos de calidad y suministro.
2. Solicitud de materiales, donde se manejan fechas de solicitud y de entrega de acuerdo al avance de la obra, definidas y enmarcadas por la utilización del sistema MRP.
3. Logística de inventarios y almacenamiento, que se refiere al correcto manejo y control propio de todos los materiales y equipos que ingresan a la bodega de la obra, de acuerdo a uso del sistema PEPS, como el sistema de inventario ABC.
4. Sistema de cotejo de materiales instalados contra los materiales comprados, es fundamental porque por medio de la comparación, que se realiza semanalmente, se puede determinar fugas de materiales y su adecuada instalación, para corregir inmediatamente la causa que ocasionó dicha diferencia.
5. Dentro del esquema de orden y limpieza es necesario aplicar el sistema de las 5S, para obtener mejores resultados se debe inculcar en el personal una cultura donde se pueda desenvolver el sistema, todos los días.

6. El manejo adecuado de los excedentes y desperdicios de materiales, en cuyo caso es necesario implementar el sistema de la eliminación o reducción de los ocho desperdicios.

7. La gestión de riesgo es un enfoque que debe tomarse en cuenta para obtener mejores resultados en dicho planteamiento. El aspecto es cubierto con la recomendación del uso de sistema de CCTV en áreas donde se considere necesario ser monitoreadas. Con la implementación de los métodos descritos se crea una metodología logística que aunada a la supervisión efectiva propia de las instalaciones eléctricas se convierte en un sistema capaz de mejorar la productividad en todos los procesos referentes a las instalaciones eléctricas y que por ende contribuye a mejorar la rentabilidad económica de cada proyecto. La metodología expuesta se esboza de manera más sencilla en el siguiente diagrama de flujo que a continuación se detalla:

**Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología logística (fase de solicitud y compra de materiales)**

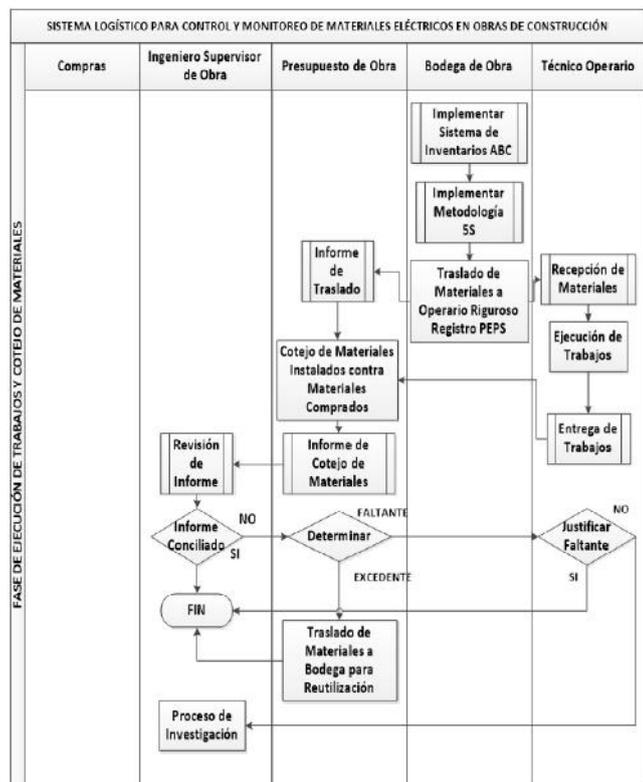


Fuente: elaboración propia.

En la figura 1 se observan los diferentes procesos y actividades más importantes que deben de realizarse, en la fase de solicitud y compra de materiales.

En la fase de solicitud y compra de materiales, se observa que los procesos están ligados con el departamento de compras de la empresa, que se convierte en una pieza fundamental del proceso.

**Figura 2. Diagrama de flujo de la metodología logística(fase de ejecución de trabajos y cotejo de materiales)**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 2, se observan los diferentes procesos y actividades más importantes que deben de realizarse, en la fase de ejecución de trabajos y cotejo de materiales, al implementar de la metodología descrita en una forma integrada, para obtener los mejores resultados.

**Conclusiones**

1. Con el desarrollo del sistema logístico de control y monitoreo de materiales eléctricos, aplicado en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio, se logra un incremento en la productividad porque se construye el mismo proyecto presupuestado reduciendo los recursos asignados y un incremento calculado en la rentabilidad del 7.40%.

2. En los dos proyectos de instalaciones eléctricas objeto de estudio, se identificó que la compra de materiales eléctricos supera a los materiales presupuestados, incidiendo negativamente en la rentabilidad de cada proyecto.

3. Los materiales eléctricos que más ponderan en los costos de las instalaciones eléctricas de edificios, son los diferentes tipos de conductor de cobre, por la cantidad que se utiliza y su alto precio.

4. En las instalaciones eléctricas de edificios es conveniente y rentable, sustituir el conductor de aluminio por el conductor de cobre, pero hacerlo únicamente en los alimentadores eléctricos secundarios porque en los calibres de los alimentadores eléctricos secundarios el aluminio es de menor costo.

5. El sistema logístico está formado por diferentes métodos, procedimientos y técnicas, que deben coordinarse de manera holística para mejorar la productividad y rentabilidad en la construcción de las instalaciones eléctricas de edificios.

**Recomendaciones**

1. Al implementar el sistema logístico de control y monitoreo de materiales eléctricos, en la construcción de las instalaciones eléctricas de un edificio, se recomienda integrar el sistema logístico a una efectiva supervisión, así como promover en el personal operativo y administrativo de la obra un ambiente de buena comunicación y alto desempeño laboral, para mejorar los resultados.

2. En cada proyecto construido, se recomienda realizar el análisis numérico para determinar el déficit o superávit en el manejo de los materiales eléctricos en la construcción de edificios y hacer las correcciones de mejora necesarias para su aplicación a futuros proyectos.

3. Cuando se realice la cuantificación y presupuestos de los proyectos, es recomendable obtener datos exactos en los renglones de conductores de cobre y tubería metálica, para evitar faltantes en la etapa de construcción, porque son los materiales que representan una parte importante en el costo total de las instalaciones eléctricas de edificios.

4. Al sustituir el conductor de aluminio por el conductor de cobre se recomienda hacerlo únicamente en alimentadores eléctricos a tableros secundarios, mas no en alimentadores eléctricos a tableros principales, ni en la acometida eléctrica principal.

5. Es recomendable al implementar las técnicas y metodología expuestas, hacerlo de manera

estandarizada constituyéndose como parte de los procesos inherentes a cada proyecto. No dejar de hacer el control y monitoreo para estar siempre atentos al buen uso, manejo, control y monitoreo de los materiales eléctricos de las obras en construcción.

6. Para la construcción de instalaciones eléctricas de edificios se recomienda para futuras investigaciones, la observación y análisis de los diferentes procesos propios de los trabajos de electricidad, tanto de técnicas, maquinaria, uso de herramientas como del manejo y capacitación del talento humano, para crear y obtener una conciencia y cultura de mejora continua a lo largo de todos los proyectos de la empresa.

## Bibliografía

Eugenio Barrionuevo, R. (2010). *Logística de Inventario y su Incidencia en las Ventas de la Farmacia Cruz Azul Internacional de la Ciudad de Ambato*. (Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato). [http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/1381/292%2ing Pdf? sequence](http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/1381/292%2ing%20ing%20Pdf?sequence)

Galarza Meza, M. (2011). *Desperdicio de Materiales en Obras de Construcción Civil: Métodos de Medición y Control*, (Tesis de grado de licenciatura en Ingeniería Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/bitstream/handle/123456789/888/pdf>

Koenigsberger, R. (1982) *Instalaciones Eléctricas I. Guatemala. Usac*.

Martínez Robles, A. Y. (s.f.). *Control de Inventario con Análisis en la Demanda, para la Empresa Sport B*. (Tesis de Pregrado, UNMSM). Recuperado de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/Martinez\\_ra/cap02.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/Martinez_ra/cap02.pdf)

Pérez Cervantes, J. C. (2005). *Control Monitoreo de Avance de Obra*, (Tesis de grado licenciatura en Ingeniería Civil, UDLAP, México). Recuperado de [http://catarina.udlap.mx/u\\_de\\_a/tales/documentos/mgc/perez\\_c\\_jc/capítulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_de_a/tales/documentos/mgc/perez_c_jc/capítulo3.pdf)

Rojas Torres, L. C. (2008). *Implementación del Sistema de Gestión de Calidad según la Norma ISO9001:2000 en una Industria Plástica*. (Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica El Litoral). Recuperado de [http://www.cibespol.edu.ec/Digipath/D\\_Tesis\\_de-TD.pdf](http://www.cibespol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_de-TD.pdf). PDF/D-42270.pdf

Salustiano, R. (2012). *Estado del Arte Sobre Uso de Conductores de Cobre y Aluminio en la Fabricación de Transformadores de Distribución*. Universidad Federal de Itajubá. Recuperado de <http://red-lac-ee.org/wp-content/uploads/2012/12/Conductores-de-Cobre-y-aluminio-en-la-fabricacion->

# FACTORES QUE INCIDEN EN EL DESEMPEÑO DE LOS DOCENTES DE LA ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

## Resumen

La mejora continua en los sistemas enseñanza-aprendizaje de la Escuela de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, es de suma importancia para formar profesionales con alto nivel de conocimientos y las herramientas necesarias para ayudar a un buen desempeño como profesionales.

Se realizó un análisis de los factores de desempeño de los docentes de la Escuela, que ayudó a determinar las fortalezas y debilidades observadas en el 2012 por medio de encuestas a estudiantes, conociendo la percepción tanto de la formación del docente como de aspectos que influyen en que exista una transferencia de conocimiento exitosa.

Se encontró que una de las características más importantes es la experiencia laboral en la profesión que ejerzan los diferentes profesionales docentes y características como: puntualidad, orden, responsabilidad y presentación influyen en la formación de los futuros maestrandos.

## Palabras clave

Factores de desempeño, mejora continua, sistema enseñanza-aprendizaje.

## Abstract

Continuous improvement in the systems of teaching-learning of the school of studies of graduate of the Faculty of engineering of the University of San Carlos of Guatemala, is of utmost importance to train professionals with a high level of expertise and tools to help a good performance as professionals. An analysis of the factors of performance of the teachers of the school, which helped determine the strengths and weaknesses observed in the 2012 through surveys to students, knowing the perception both of teacher training and aspects that influence there is a successful transfer of knowledge. We found that one of the most important features is the work experience in the profession that exercise the different professional teachers and features such as: punctuality, order, responsibility and presentation influence in the formation of the future maestrandos.



Hugo Humberto Rivera Pérez  
Ingeniero Mecánico Industrial  
hhrivera\_212@yahoo.com

Mayra Virginia Castillo Montes

Doctorado en Educación con especialidad en Mediación Pedagógica  
mayracastillom@yahoo.com

## Keywords

Performance factors, Continuous improvement, teaching-learning system

## Desarrollo del tema

La Escuela de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, está en busca de la excelencia académica y el reconocimiento de sus programas de maestría. Uno de los objetivos es formar recursos humanos a nivel científico superior que sean capaces de diseñar, ejecutar y dirigir programas de investigación, docencia y servicios en el campo de la ingeniería, para contribuir al desarrollo de Guatemala.

Para lograr cumplir los objetivos con éxito se hace necesario conocer las fortalezas y debilidades de los diferentes aspectos que influyen en la formación de los futuros Maestros, siendo uno de ellos el desempeño del personal docente para realizar una buena transferencia de conocimientos y que el sistema de enseñanza-aprendizaje esté siempre en mejora continua.

La investigación se llevó a cabo por medio de encuestas a estudiantes de maestrías donde se evaluó objetivamente diferentes aspectos de formación del docente, así como factores de enseñanza, metodología, condiciones para enseñar, entre otros.

El cuestionario constaba de preguntas abiertas y cerradas, en el cual se evaluaban diferentes as-

pectos como datos generales de los estudiantes, de los docentes y variables de percepción de las maestrías. También se realizó observación y análisis de los procedimientos actuales de selección de personal en la Escuela y algunos aspectos de las evaluaciones de desempeño docente.

Se determinó que la experiencia laboral y el dominio del tema que el docente tenga se convierten en un factor clave, así como también aspectos como responsabilidad, puntualidad, innovación y uso de tecnología. Se evidenció la necesidad de un programa continuo de actualización al docente en temas de metodología e innovación en la manera de enseñar a nivel de posgrado.

**Tabla 1. Variables de estudiantes**

| Variable Independiente   | Variable dependiente | Variabes intervinientes           |
|--------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| Dotación de los docentes | Nivel del desempeño  | Nivel salarial                    |
| Desempeño académico      |                      | Personalidad del docente          |
|                          |                      | Experiencia profesional           |
|                          |                      | Madurez profesional               |
|                          |                      | Tiempo que se imparten las clases |
|                          |                      | Experiencia docente               |
|                          |                      | Tiempo de contratación            |

Fuente: elaboración propia

## Resultados Obtenidos

Para realizar un diagnóstico de la situación del desempeño académico en la Escuela de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, es necesario analizar las variables ya descritas en la tabla I, determinando la situación de los elementos tangibles (espacios físicos, mobiliario y equipo y material didáctico), que intervienen en el proceso de enseñanza aprendizaje.

También es de suma importancia analizar la fiabilidad y seguridad que el personal docente transmite hacia los estudiantes (calidad de conocimientos, aplicación del contenido de los cursos, organización, dominio del contenido, actividades prácticas, puntualidad, presentación y técnicas de innovación del docente), así como la empatía generada para con sus respectivos educandos.

**Tabla 2. Factores estudiados**

### Factores estudiados

| No. | Descripción   |
|-----|---|
| 1   | Espacios Físicos                                      |
| 2   | Mobiliario y Equipo                                   |
| 3   | Material Didáctico                                    |
| 4   | Cursos acordes a la realidad nacional                 |
| 5   | Cursos acordes a la maestría                          |
| 6   | El tiempo programado                                  |
| 7   | Entrega puntual y oportuna de notas                   |
| 8   | Preparación del material con anticipación             |
| 9   | Resuelve dudas y comparte su experiencia              |
| 10  | Desarrollo de actividades prácticas                   |
| 11  | Ambiente propicio para el intercambio de experiencias |
| 12  | Atención individualizada para resolver dificultades   |
| 13  | Puntualidad   |
| 14  | Responsabilidad                                       |
| 15  | Orden   |
| 16  | Innovador   |
| 17  | Presentación  |

**Tabla 3. Resumen general de las diferentes afirmaciones**

| No.  | Percepción de Estudiantes | Percepción de Docentes | Apreciación global |
|------|---------------------------|------------------------|--------------------|
| 1    | Bueno                     | Bueno                  | Bueno              |
| 2    | Bueno                     | Bueno                  | Bueno              |
| 3    | Bueno                     | Bueno                  | Bueno              |
| 4    | Bueno                     | Muy Bueno              | Bueno              |
| 5    | Bueno                     | Muy Bueno              | Muy Bueno          |
| 6    | Bueno                     | Bueno                  | Bueno              |
| 7    | Bueno                     | Muy Bueno              | Bueno              |
| 8    | Bueno                     | Muy Bueno              | Muy Bueno          |
| 9    | Bueno                     | Muy Bueno              | Muy Bueno          |
| 10   | Bueno                     | Muy Bueno              | Bueno              |
| 11   | Bueno                     | Muy Bueno              | Bueno              |
| 12   | Bueno                     | Muy Bueno              | Muy Bueno          |
| 13   | Muy Bueno                 |                        | Muy Bueno          |
| 14   | Bueno                     |                        | Bueno              |
| 15   | Bueno                     |                        | Bueno              |
| 16   | Bueno                     |                        | Bueno              |
| 17   | Bueno                     |                        | Bueno              |
| Prom | Bueno                     | Muy Bueno              | Bueno              |

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. Clasificación de la escala

|            |   |
|------------|---|
| Excelente  | 5 |
| Muy Bueno  | 4 |
| Bueno      | 3 |
| Deficiente | 2 |
| Malo       | 2 |

Fuente: elaboración propia.

Dada la importancia que tiene para la Escuela de Estudios de Posgrado contar con docentes actualizados y proporcionar a los estudiantes las herramientas necesarias debido a las competencias que actualmente exige el mercado laboral, se realizó un análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, más conocidas como FODA. (Figura 1)

Tabla 5. Matriz FODA, Escuela de Estudio de Posgrado 2012

|                          |  |  |
|--------------------------|--|--|
| <b>Factores Internos</b> | <b>Fortalezas:</b><br>F1. Espacios físicos adecuados para el desarrollo de los programas.<br>F2. Mejoramiento continuo en el área de investigación.  | <b>Debilidades</b><br>D1. Falta de un procedimiento de capacitación del personal docente.<br>D2. Insuficientes horas de dedicación para la investigación en el docente.                      |
| <b>Factores Externos</b> | F3. Consolidación de los programas de posgrado y especializaciones.  | D3. Falta de un procedimiento selectivo de personal docente.   |
| <b>Oportunidades</b>     | O1. Creciente mercado para los estudios de posgrado.<br>O2. Incremento en la demanda de egresados en el mercado laboral.<br>O3. Acreditación a nivel regional.   | Estrategia para minimizar las Debilidades y maximizar las Oportunidades.<br><b>Implementación de una bolsa virtual interconectada con la unidad de difusión y divulgación de la escuela.</b> |
| <b>Amenazas</b>          | A1. Escasa oferta de docentes calificados en el mercado laboral.<br>A2. Percepción de la docencia como actividad profesional complementaria.<br>A3. Proliferación de programas de maestrías en universidades privadas. | Estrategia para maximizar las Fortalezas y minimizar las Amenazas.<br><b>Revisión del modelo educativo de acuerdo a las necesidades del mercado laboral.</b>                                 |

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en el análisis FODA detallado en la Tabla 5 las diferentes estrategias a implementar son las siguientes:

Tabla 6. Estrategias a implementar

| OBJETIVO   | ESTRATEGIA  |
|--|---|
| Maximizar tanto las Fortalezas como las Oportunidades.   | Implementar un programa de reclutamiento y formación docente.   |
| Minimizar las Debilidades y maximizar las Oportunidades. | Implementación de una bolsa virtual interconectada con la unidad de difusión y divulgación de la escuela. |
| Maximizar las Fortalezas y minimizar las Amenazas.       | Implementar la unidad de difusión y divulgación en la Escuela.  |
| Minimizar las Debilidades y las Amenazas.                | Revisión del modelo educativo de acuerdo al desarrollo de competencias que requiere el mercado laboral.   |

Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

- Los factores que inciden en la docencia en la Escuela de Estudios de Posgrado en el 2012 son:
  - Cursos acordes a la realidad nacional,
  - Tiempo programado de cada curso, preparación del material con anticipación,
  - Resolución de dudas y comunica su experiencia con atención individual personalizada.
- En el primer semestre del 2012, el desempeño académico de la Escuela de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, según la encuesta realizada es bueno, aunque aspectos como la actualización e innovación tecnológica marcan punteos que requieren mejorar.
- Según el análisis de los datos obtenidos se ha definido el perfil de un docente universitario a nivel de posgrado para la Facultad de Ingeniería, siendo una de las características más importantes la experiencia laboral de la profesión que ejerzan los diferentes profesionales docentes y características como: puntualidad, orden, responsabilidad y presentación.
- Sin duda alguna el personal docente de la Escuela de Estudios de Posgrado es el inventario más valioso de la misma, por lo que es necesario contar con un proceso de reclutamiento, capacitación y evaluación del personal docente bien definido, como se observa en la Tabla LIV de la pág. 84 del informe final. Así como se debe promover la dotación tanto de los elementos tangibles (material didáctico, marcadores entre otros), como los intangibles (cursos de formación docente y otros que ayuden al crecimiento profesional de los docentes).

## Recomendaciones

1. Implementar el perfil docente establecido en el presente estudio, para futuras convocatorias a plazas vacantes en la Escuela de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería.
2. Para la implementación del perfil docente propuesto es vital la creación de la unidad de difusión y vinculación de la Escuela en la que se creen enlaces con el sector empresarial del país, así como con entidades gubernamentales para mantener la actualización en los diferentes mercados.
3. Dar seguimiento a los casos en que las evaluaciones de desempeño sean insatisfactorias, penalizando a aquellos catedráticos según el Normativo de la Escuela de Postgrado.
4. Dar seguimiento a los casos con resultados insatisfactorios en las evaluaciones de desempeño docente, también se debe reconocer a los catedráticos que obtengan los punteos más altos, implementando un programa de mención honorífica como Docente del Trimestre.

## Bibliografía

- Alles, Martha Alicia. 2000 *Dirección estratégica de recursos humanos gestión por Competencias*. Primera Edición, Ediciones Granica, Argentina,
- Cojulún Cifuentes María de los Ángeles (2011) *Competencias laboral es como base para la selección de personal*. Universida Rafael Landívar.
- Feixas, M; et al. (2013) *¿ Cómo medir la transferencia de la formación en Educación Superior ? : el Cuestionario de Factores de Transferencia*. (Spanish). Revista de Docencia Universitaria. 11,3, 219-250.
- Gil Zafra, M.A. (2001). Planificación estratégica: "Método DAFO". En M. Montañés Serrano et al. (2001). *Prácticas locales de creatividad social* (pp. 171-190). Barcelona: El Viejo Topo.
- Hernández Sampieri. r., (2010) Fernández collado, c. y baptista lucio p. *Metodología de la investigación*. México 5 ed. McGraw Hill Interamericana.

## EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD UTILIZANDO EL MEJORAMIENTO ESTRATÉGICO DE PROCESOS (MEP) EN UN RESTAURANTE DE COMIDA DIETÉTICA

### Resumen

Esta investigación involucra el análisis de la satisfacción de clientes, el análisis en la reducción de pérdidas monetarias en la venta, la disponibilidad del producto en el tiempo de despacho, la cantidad de producto, la calidad requerida y la rentabilidad en el restaurante. Se plantea la utilización de la herramienta del mejoramiento estratégico de procesos (MEP) para optimizar la línea dietética del restaurante en estudio.

La investigación se inició con una encuesta de satisfacción del cliente para conocer los índices de satisfacción y percepción de estos para realizar el muestreo de datos, y así comenzar el análisis por medio del MEP.

La propuesta se complementa con el estudio de tiempos para mejorar la capacidad productiva del restaurante (tasa de servicio) para mejorar la rentabilidad. En el caso favorable se llevó un incremento de las ventas en un 21 %.

### Palabras clave

MEP, tasa de servicio, venta perdida.

### Abstract

In order to generate satisfied customers (sale), a reduction in sales lost, an enhancement in delivery time, the quality and profitability of the product the Strategic Improvement of Processes (MEP) is used to optimize the dietetic line of the restaurant in study.

The investigation starts with a satisfaction survey to know the rates of satisfaction and customer perception to improve the measurement indicators.

A study of the delivery time is carried out to enhance the productive capacity of the restaurant (service rate). In conclusion a 21 % improvement in profitability was achieved by implementing a MEP method at the restaurant dietetic line.

### Keywords

SIP (MEP), service rate, sales lost.



Saúl Eliasim Gómez Solares  
Ingeniero industrial  
saul.eliasim@gmail.com

Ing. José Luis Duque Franco  
MSc. Reingeniería y Tecnologías del Aseguramiento de la Calidad  
joseluisduque@yahoo.com

### Desarrollo del Tema

La metodología MEP con enfoque de procesos permite evaluar la interacción de las operaciones clave del restaurante (línea dietética) y su aportación a la estrategia (venta) de manera holística. Para Cionet Solutions (2012) el MEP es útil para optimizar y gestionar la mejora de los procesos de acuerdo a requisitos del cliente.

Por medio de la encuesta de satisfacción de cliente externo y el estudio de tiempos en el restaurante se puede analizar los problemas y determinar estrategias que mejoren la calidad requerida del restaurante, tanto en tiempo, producto y servicio, que es clave en el posicionamiento de marca en el mercado de restaurantes de comida rápida.

En la encuesta aplicada se incluyeron preguntas para evaluar aspectos de la calidad, servicio, rapidez en la atención, precio del producto, la promoción del restaurante, preguntas abiertas (sugerencias) y complementarias como: género, edad, teléfono, correo electrónico para un control de calidad posterior a la encuesta. Las variables en la encuesta son tanto cualitativas (sin comentarios, completamente insatisfecho, insa-

tisfecho, satisfecho, completamente satisfecho, sí, no; como cuantitativas (preguntas ponderadas con escala 1 a 5 diferencial semántico Likert). El criterio de escalonamiento Likert, se realiza de acuerdo a lo definido por Hernández, R., Fernández, C., & Del Pilar, M. (2010) para medir reacciones de los clientes.

Al realizar el estudio de tiempos se tomaron 10 mediciones, con el criterio de toma tiempo enfocado al cumplimiento de tiempos de preparación y proceso de cocinado de los productos en la línea dietética (manteniendo los tiempos estándar de cocción al optimizar las operaciones por medio del pre turno).

Se repartieron 100 encuestas a los clientes, 40 de los encuestados respondieron en su totalidad y 4 encuestas fueron descartadas por dejarla incompletas, y las restantes encuestas escribieron el máximo puntaje de la encuesta.

La encuesta inicial se realizó en un lapso de 17 días, debido a que a partir de los 17 días se detectó que la cantidad de encuestas contestadas disminuía con el tiempo.

A llevar a cabo el estudio de tiempos se obtuvo el tiempo estándar de ciclo de respuesta del restaurante que inicialmente es de 12 minutos y 24 segundos. En la propuesta de investigación se realizó un preturno con lo cual dicho tiempo se optimiza a 9 minutos y 47 segundos (reduciendo 2 minutos y 37 segundos del tiempo estándar).

La implementación del preturno mejoró la tasa de servicio actual de un 96 % a un 117 % de la tasa de servicio futura, es decir al mejorar el tiempo estándar (TS) de ciclo de proceso actual (de 744,12 segundos) a un TS de ciclo de proceso mejorado de 586,66 segundos, el análisis resultante y la implementación de la mejora logró aumentar como mínimo un 21 % la venta mensual.

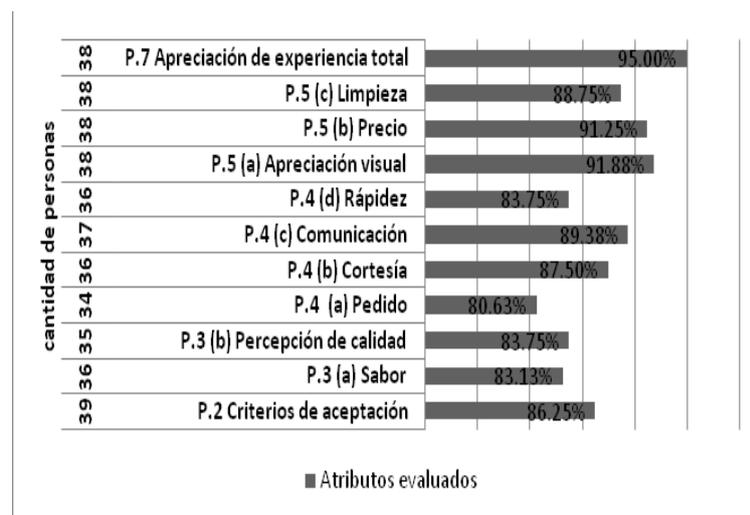
En conclusión, la mejora se enfoca en dar valor agregado al cliente satisfaciendo sus necesidades con indicadores de gestión del método MEP

enfocado al uso eficiente de los recursos (mano de obra, tiempo, disminución de desperdicios). Lo que conlleva a la reducción de costos de operación en el mediano y largo plazo al restaurante y a futuro se ofrezca un producto y servicio rentable.

## Resultados obtenidos

En la gráfica 1 se muestran los resultados obtenidos de la encuesta y con ello se calcula el índice de percepción de 86,25 % y de satisfacción de 87,5 % de los atributos evaluados.

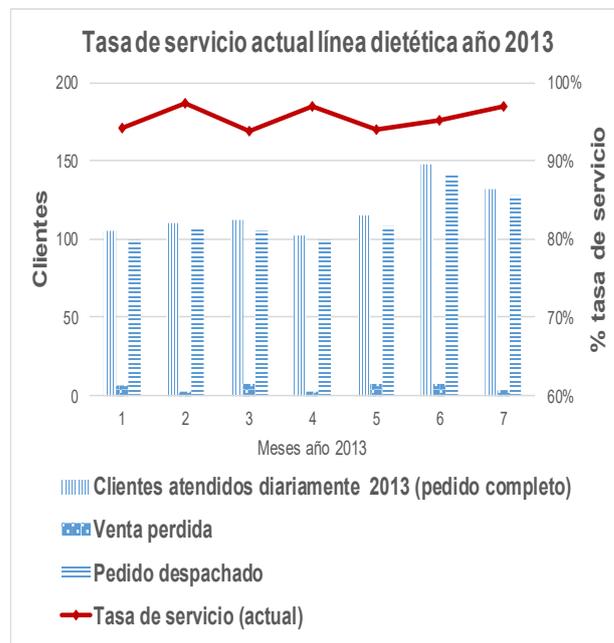
Gráfica 1. Resultados de encuesta cliente externo



Fuente: elaboración propia.

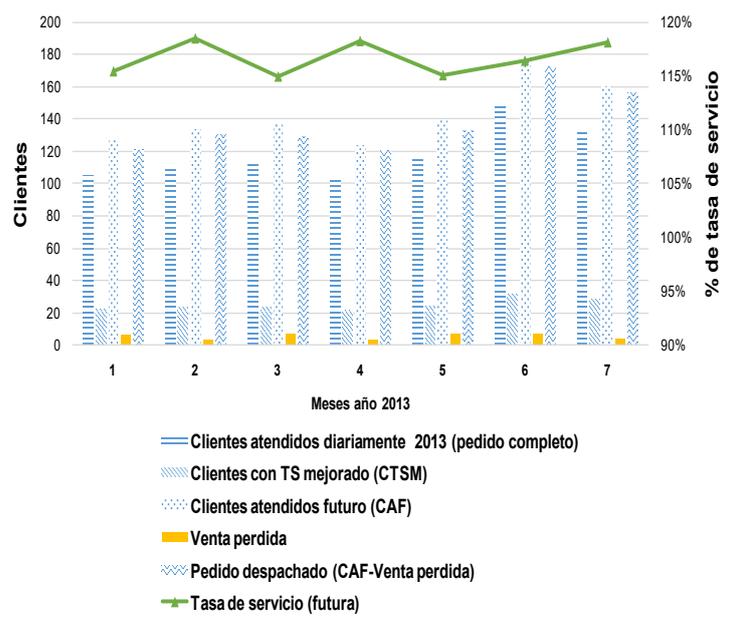
Se puede notar que la gráfica 2 (actual) y 3 (escenario futuro) la oscilación de la tasa de servicio es similar, porque se trabaja con la misma base de los clientes atendidos (primeros 7 meses del año 2013) en mención.

Gráfica 2. Tasa de servicio actual línea dietética



Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 3. Tasa de servicio futura, línea dietética**



Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

1. El índice de percepción se obtiene por medio de las respuestas (satisfechos y completamente satisfechos) de los criterios de aceptación, respondieron 39 personas con dicho criterio lo que equivale a un 86,25 % de percepción respectivamente.

El índice de satisfacción se obtiene considerando la evaluación de la escala Likert de 4 a 5 de los atributos evaluados: 36 personas califican el sabor con 83,13 %, 35 personas consideran la calidad en 83,75 %, 34 personas evalúan al pedido en 80,63 %, 36 personas señalan la cortesía con 87,50 %.

También 37 personas califican la comunicación en 89,38 %; 36 personas consideran la rapidez con 83,75 %, 38 personas señalan la apreciación visual en 91,88 %, 38 personas evalúan al precio en 91,25 %; 38 personas califican limpieza en 89,4 % y evaluando la apreciación de experiencia total en 95 %.

Obteniéndose el indicador de satisfacción en promedio de la preguntas evaluadas respectivamente del 87,50 %.

2. El impacto del MEP es de un 96 % de tasa de servicio inicial; al realizar un preturmo la tasa de servicio se mejora un 117 %. Con ello se absorbe la venta perdida promedio diaria de 5 a 0 al aumentar la capacidad de atención a clientes de 118 a 143 en promedio diario. Al comparar dichos escenarios se de

## Recomendaciones

1. Se sugiere el monitoreo de los índices de percepción y satisfacción del cliente (mejorar 90 %) iniciando con aumentar el indicador de los pedidos sin errores (80,63 %) sin descuidar la apreciación visual de los menús y precios (91,88 %) para que en el mediano y largo plazo se obtenga realimentación de los indicadores de mejora continua de MEP.
2. Es necesario fortalecer la imagen del restaurante renovando periódicamente los menús (promocionales) y de servicio a domicilio para dinamizar esta área de servicio al cliente ya que actualmente no lo ofrecen y vincularlo en redes sociales para facilitar la toma de decisión en relación con los menús diarios que se ofrecen.

## Bibliografía

- Empresa Cioet Solutions (2012). *Mejoramiento estratégico de procesos (MEP)*. Obtenido el 19 de junio de 2012 de <http://www.cionetsolutions.com/procesos/mep.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., & Del Pilar, M. (2010). *Metodología de la investigación*. (5a ed.). México D.F.: McGraw-Hill/Interamericana. pp. 245-259.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to see: Value stream mapping to add value and eliminate muda*. The Lean Enterprise Institute. (Ver.1.2.). Brookline, Massachusetts, USA.
- Tschohl, J. (2001). *Servicio al cliente*. (3ra ed.). México: Pax.

# UTILIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA DESIGN FOR SIX SIGMA (DFSS) EN EL PROCESO DE COTIZACIÓN DE SERVICIO DE REPARACIÓN EN UN TALLER DE BLINDAJE DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

## Resumen

Al aplicar la metodología de DFSS, la empresa se benefició de sistemas consistentes para asegurar la calidad en el servicio post venta. La reducción de cinco pasos del proceso de una solicitud de cotización y la eliminación de actividades redundantes, significaron la reducción de una posición administrativa y ahorro correspondiente. La mejora en los tiempos de respuesta de un 70% observado, resultó en el incremento de la competitividad y rentabilidad. Otros beneficios fueron la participación activa de las personas que realizan la actividad diariamente, el aprendizaje de los miembros del equipo sobre procesos de mejora continua, y la ampliación del alcance para aplicar DFSS a procesos relacionados.

El problema planteado fue resuelto al implementar mejoras en los procesos. Se describieron aspectos importantes para el cliente en la elección de un taller de blindaje de vehículos: rapidez en respuesta, la precisión de la asesoría, y la efectividad de la reparación. Estos fueron criterios sólidos que mejoraron la percepción de los clientes, y resultó un índice NPS de 50%.

## Palabras clave

Mejora continua, blindaje de vehículos, DFSS, servicio posventa, calidad, NPS.

## Abstract

This business benefited from applying the DFSS methodology because it provided consistent systems for quality assurance in after sales service. Reduction of five steps in the quote request process and cutting down redundant activities resulted in reduction of a staff position and expense savings related to this. Improvements in response times of 70% increased competitiveness and profitability. Other benefits for team members included active involvement of staff performing processes, learning of continuous improvement processes and the expansion of the scope to apply DFSS to related topics.



Ramón Horacio Juárez Juárez  
Ingeniería Mecánica  
ramon.juarez@outlook.com

MSc. Ing. Mario Francisco Rousselin Sandoval  
Magíster en Administración Industrial  
mrousselin@gmail.com

The proposed problem was solved by implementing process improvements. Important aspects for customer's selection of a specialized service shop for armored cars were described: quick responses, precise advisory and effective repairs. These were solid criteria to improve customer's perception, and NPS index obtained was 50%.

## Keywords

Continuous improvement, armored cars, DFSS, after sales service, quality, NPS.

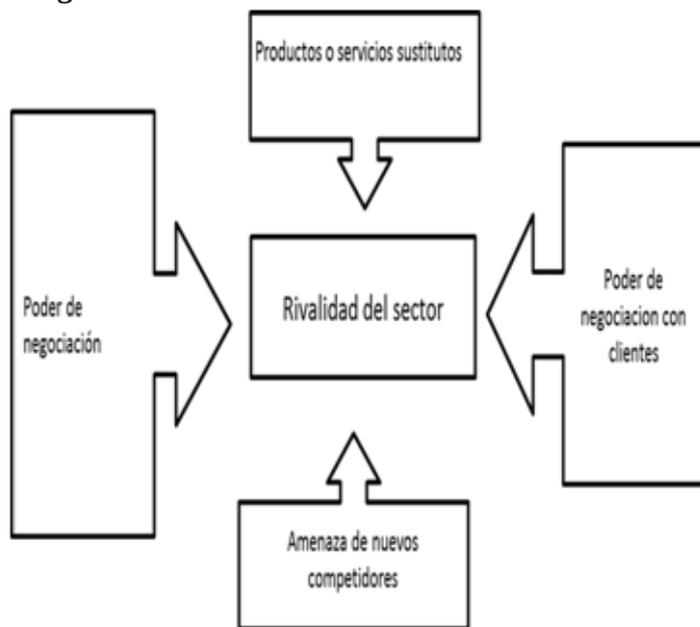
## Desarrollo del tema

La investigación apunta a que la consistencia en la oferta de servicio, pueda dar elementos que mejoren los ingresos del taller, y por consiguiente, también logre impactar la rentabilidad del mismo. Por lo tanto, es también una razón importante por la cual no se puede dejar a un lado la misma. El impacto de no hacerla, tiene como consecuencia continuar en desventaja contra los actuales proveedores regionales de la industria del blindaje, o bien los competidores locales que poseen los estándares de servicio.

Existe una necesidad básica de proveer una experiencia consistente, y positiva para los clientes de los

talleres de blindaje. En la primera discusión sobre el ambiente competitivo en que se desarrolla esta industria, se hizo el análisis de las fuerzas de Porter.

Figura 1. Análisi fuerzas de Porter



Fuente: elaboración propia.

En el análisis de las fuerzas de Porter, la conclusión principal es que los procesos de reparación de vehículos blindados tienen el reto de cumplir con altas expectativas de servicio. La mejora de gestión de los procesos de solicitud de servicio se enfocó realizarla con la implementación de la metodología DFSS. Existe la necesidad básica de proveer una experiencia consistente, y positiva para los clientes de los talleres de blindaje.

Se describieron los procesos básicos de transformación de un vehículo salido de fábrica hacia la conversión de blindaje. Se hizo una explicación general de la protección balística y la norma internacional sobre resistencia de estos materiales. Además, se incluyó la base técnica de las áreas que requieren mantenimiento especializado así como las actividades que se deben contemplar en los procesos, y las diferencias entre el mantenimiento correctivo y el preventivo.

En el desarrollo de la investigación se definieron cinco fases. La primera fue la de ordenar la información importante para su posterior análisis. Se identificaron las personas y funciones que se involucran en el proceso. Con una descripción básica de dos aspectos: importancia de su participación e influencia en el proceso, se agruparon los datos para obtener la tabla de grupos de interés.

Tabla 1. Selección de equipo de trabajo por grupo de función

| No. | Nombre                      | Importancia | ¿Como influye?   | Observaciones  |
|-----|-----------------------------|-------------|--|--|
| 1   | Cotizador                   | Alta        | Ejecutor de Proceso  |  |
| 2   | Jefe de atención al cliente | Alta        | Quien solicita cotización                                      |  |
| 3   | Jefe de taller (C/sede)     | Alta        | Quien solicita cotización                                      |  |
| 4   | Gerente de Reparaciones     | Media       | Conoce el macro del proceso y aplica descuentos, menores al 5% |  |
| 5   | Gerente Administrativo      | Media       | Políticas de Pago  | Estar presente cuando se tome o quiera tomar el cambio del proceso de mejora |
| 6   | Gerente General             | Media       | Autoriza cambios en el proceso y descuentos mayores al 5%      |  |
| 7   | Torre de Control            | Media       | Apertura de Jobs de diagnosticos                               |  |
| 8   | Compras                     | Media       | Cotiza importaciones de repuestos                              |  |
| 9   | CRM coordinador             | Baja        | Seguimiento en CRM del cliente                                 | Cuentadante / Encuestas  |
| 10  | Jefe de blindaje            | Baja        | Verificación de procesos según reparación                      |  |
| 11  | Jefe de montaje             | Baja        | Verificación de procesos según reparación                      |  |
| 12  | Jefe de pintura             | Baja        | Verificación de procesos según reparación                      |  |
| 13  | Gerente Produccion          | Media       | Valida disponibilidad de técnicos para diagnosticos            | Estar presente cuando se tome o quiera tomar el cambio del proceso de mejora |

Fuente: elaboración propia.

La identificación de los grupos de interés sirvió para elegir el equipo de trabajo en el proceso de mejora. Para enfocar de manera precisa el esfuerzo de la metodología, se realizó el diagrama de proceso de primer nivel.

Como primera estimación, se determinaron tiempos para cada uno de los pasos que se realizan en la solicitud de cotización. Este primer dato, de 7.6 horas, se usó como punto de comparación contra las mediciones efectuadas en la recolección de datos.

Tabla 2. Tiempo de proceso de notificación

| ACTIVIDAD                                   | TIEMPO        | VOB   |
|---|---------------|---|
| Recepción en planta                         | 20 min        | Vehículo simultaneo   |
| Apertura de Orden de trabajo de diagnóstico | 5 min         | Cliente Nuevo / Falta de información  |
| Diagnóstico                                 | 2 -5 horas    | Falta de pilotos / Técnicos, identificación del problema  |
| Solicitud de cotización                     | 5 min         | Falta de Job de diagnóstico   |
| Costeos/ Cotización                         | 0,5 - 2 horas | Información ambigua, repuestos de importación / locales, falta de información de materiales de uso  |
| Envío de cotización a Cliente               | 10 min        | Información de disponibilidad de personal para realizar reparación para tiempo de promesa a cliente |
| TOTAL                                       | 7.6 horas     |   |

Fuente: elaboración propia.

Luego de elaborado el mapa de primer nivel, el equipo de trabajo recabó información proveniente de los clientes y las diferentes inte

racciones que tuvieron con el proceso. El diagrama de Voz del Cliente/Negocio fue útil para establecer criterios importantes para los clientes.

Los aspectos que se logran agrupar por afinidad se convierten en lo que se considera crítico para el cliente y también crítico para el negocio. Ambos aspectos pueden oponerse por lo que el siguiente diagrama ordena estos criterios.

**Tabla 3. Voz del Cliente/Negocio (VOC/B) hacia lo crítico para el Cliente/Negocio (CTC/B)**

| Voz del Cliente (VOC) y/o Voz del negocio (VOB)   | Necesidades del cliente (Cuestiones clave)  | Crítico para el Cliente (CTC) y/o Crítico para el negocio (CTB)                                   |
|---|---|---|
| <p>¿Puedo tomar una decisión, envíame rápido pero en línea por la cotización</p> <p>¿Estoy revisando costos, envíame sus mejores precios</p> <p>¿Quiero perder el negocio por precio y no por la rentabilidad</p> <p>¿Algo de viaje, en cuanto tiempo tengo mi cotización</p> <p>¿Puedo mejorar el % de cierre</p> <p>¿Puedo perder el negocio</p> <p>¿Puedo darme TODO</p> <p>¿Puedo asegurarme de detallar todo</p> <p>¿Puedo hacer un pedido una cotización incluyendo mantenimiento normal</p> <p>¿Puedo hacer un pedido su cotización por requisito escrito</p> <p>¿Puedo hacer un pedido cotizando con otras empresas</p> <p>¿Puedo hacer un pedido ¿Ud dame servicio aunque no haya pedido con Ud?</p> | <p>Respuesta Rápida</p> <p>Precio</p> <p>Confiable</p> <p>Efectividad</p> <p>Claridad en la Cotización</p> <p>Opciones</p> <p>Información</p> | <p>Efectividad de Cotizaciones, rápidos</p> <p>Calidad en el proceso</p> <p>Expertos y claros</p> |

Fuente: elaboración propia

Los tres elementos observados con el diagrama de CTC/CTB fueron efectividad y cotizaciones rápidas, calidad en el proceso, y la tranquilidad que puede transmitir trabajar con un taller experto de blindaje.

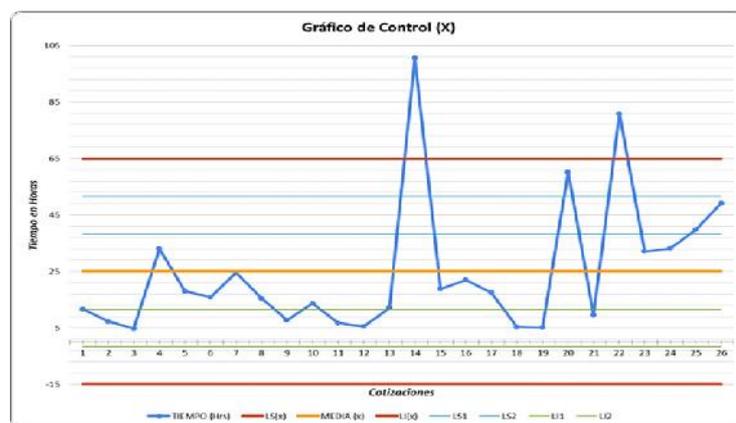
Los dos indicadores principales que se derivaron de esta fase, fueron el tiempo que demora el taller en presentar una cotización al cliente y la percepción del nivel de servicio que esto le genera al cliente.

Se midieron durante tres semanas las solicitudes de cotización que llegaron al taller. En total fueron veintiséis solicitudes a las que se tomó tiempos desde inicio a fin de proceso.

Las mediciones se proyectaron en gráficos de control para análisis en discusión de resultados.

A partir de estos esquemas, también se analizó cada una de las razones, por las cuales existió la desviación y se tabularon posteriormente para sacar un diagrama de Pareto y lograr entender cómo impactar en la reducción de tiempos.

**Figura 2. Gráfico de Control (X)**



Fuente: elaboración propia.

El gráfico de control (x) que se muestra en la figura anterior, se desprende de las variaciones que salen fuera de límites calculados. Estos incidentes fuera del límite superior significan que la cotización tardó más allá de lo que el grupo observado mostró como promedios y límites de control. Solamente nueve del total tuvieron un registro inferior a diez horas.

Para cada medición, se estableció la posible causa de retraso. Se elaboró un diagrama de Pareto para visualizar la incidencia que más impacta en los atrasos de entrega de cotizaciones. Los cuatro temas que representan el 80% de las incidencias, son la disponibilidad de mano de obra, los atrasos de servicio al cliente, el atraso de entregas de proveedores de cotizaciones y diagnósticos complicados.

Una vez están expuestas las posibles causas utilizando métodos como el de cuadros de afinidad, tormenta de ideas, se llegó a identificar aquellas posibles causas primarias para solucionar el problema. El ejercicio de PRS, problema, causa raíz, y solución, es un proceso iterativo de ideas donde se piden soluciones a los responsables de realizar las tareas y otros miembros de los grupos de interés.

**Tabla 4. Ejercicio PRS**

| NO. | PROBLEMAS                           | CAUSA RAIZ   | SOLUCIONES   |
|-----|-------------------------------------|--|--|
| 1   | Servicio al cliente se satura       | Centralización de Información  | Envío de cotización directa a Cliente (correo automático - Agregando Contacto en cotización) Utilización de correo electrónico en móvil por parte de Servicio al Cliente   |
| 2   | Diponibilidad de técnicos           | No hay personal exclusivo para diagnosticos.   | Utilizar a 2 tecnicos comodines para realizar diagnosticos / Bien capacitados / Autorizados para manejar   |
| 3   | Mal diagnostico                     | Mala capacitación y/o actividades simultaneas.   |  |
| 4   | Tiempo de respuesta por proveedores | Aumentar el Techo de cotización a importación / Cartera de Proveedores inadecuada / Falta de acceso a internet para búsqueda de repuestos. | Acceso de internet en sala de Blindaje y/o en Gestor de Cotizaciones / Envío de cotización con proveedor local (simultaneo pedir cotización a importación si sobrepasa los \$500) / Negociar con proveedor local tiempo de entrega de solicitud (negociar o cambiar vendedor). |

Fuente: elaboración propia.

Con base en la solución de los cuatro problemas identificados en y la discusión de las causas raíz, se realizó de nuevo el mismo sistema de tormenta de ideas, y propuestas por cuadros de afinidad.

Se propuso e implementó que el personal de servicio al cliente no demore en enviar la cotización final al interesado utilizando la tecnología móvil. En cuanto a la disposición de los técnicos para hacer los diagnósticos, se propuso que el grupo que regularmente atiende estas necesidades se capacite y se tenga disponibilidad inmediata. El grupo será el mismo de manera consistente, de tal forma que se puede tener una mejor comunicación y los diagnósticos pueden mejorar al practicar con tareas repetitivas.

Finalmente, se propuso medir e influir en el tiempo de respuesta de los proveedores. Se sugirió implementar un programa de calificación de nivel servicio de proveedores. Además, segmentar las solicitudes de acuerdo a la disponibilidad que se tenga de repuestos y así poder enfocar mejor los esfuerzos. Con la segmentación se mantiene más consistente el esfuerzo de mejora del proceso, y la alineación de los proveedores a conseguir una mejor satisfacción con el cliente final.

### Resultados Obtenidos

Uno de los descubrimientos de la investigación fue que las cotizaciones tienen un grado de complejidad diferente y radica en la información requerida para asegurar costos. Se dividió el origen de esta dificultad en cuatro y se midieron los tiempos actuales versus los tiempos reducidos y esperados por las mejoras propuestas. La siguiente tabla, hace un resumen que indica mejoras importantes y reducciones de costos en horas hombre. Sin embargo, la implicación más grande es en función de la percepción del cliente en cuanto a tiempo de respuesta y su experiencia total. El porcentaje de ahorro de tiempo de respuesta de 70%, es un logro significativo.

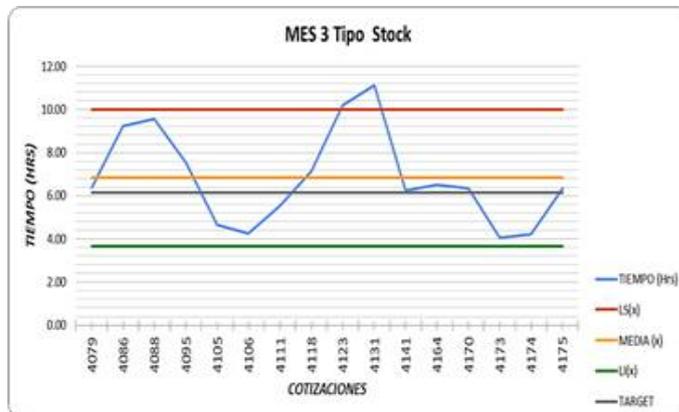
**Tabla 5. Reducciones de costos en hora/hombre**

| NO. | Tipo de Cotización                       | Tiempo Actual (Hrs) | Tiempo Planteado (Hrs) | Diferencia de Tiempos (Hrs) | % Ahorro |
|-----|--|---------------------|------------------------|-----------------------------|----------|
| 1   | Cotización "Sin" Diagnostico por técnico | 6.15                | 2.15                   | -4                          | -65%     |
| 2   | Cotización Repuestos Stock               | 20.4                | 6.15                   | -14.25                      | -70%     |
| 3   | Cotización Proveedor Local               | 28.4                | 11.15                  | -17.25                      | -61%     |
| 4   | Cotización a Importación                 | 44.4                | 27.15                  | -17.25                      | -39%     |

Fuente: elaboración propia.

Para hacer las mejoras sostenibles, se determinó que las solicitudes de cotización pueden gestionarse de manera positiva si se ofrece un tiempo de respuesta basado en rangos. En el trabajo final hay una sección donde se detalla la mejora en la respuesta durante los tres meses posteriores a la implementación de la mejora. La siguiente gráfica es el resultado de la primera segmentación, en el tercer mes descrito.

**Gráfica 1. Mes 3**

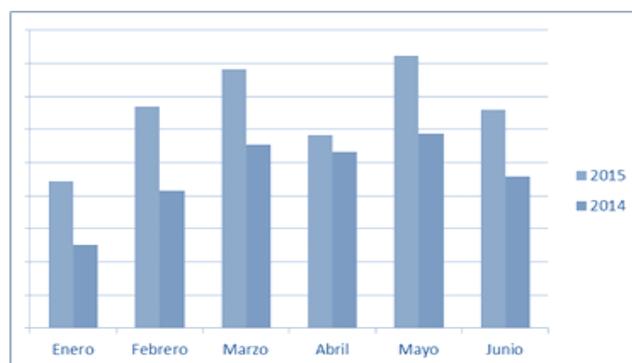


Fuente: elaboración propia.

Este mismo comportamiento estable en las respuestas se notó en las demás segmentaciones que se hicieron en la investigación. En consecuencia logró también tener una reducción de costos, incrementar las ventas y mejorar la percepción del cliente.

En cada uno de los meses posteriores a la implementación, se obtuvo un incremento de facturación, y el total del período fue 41% de ingresos adicionales comparados año contra año. El incremento de planilla en ese periodo por los técnicos dedicados al taller de servicio, y de un gestor de calidad para impulsar la implementación de procesos de mejora continua, se compensó por el incremento mostrado en la gráfica siguiente:

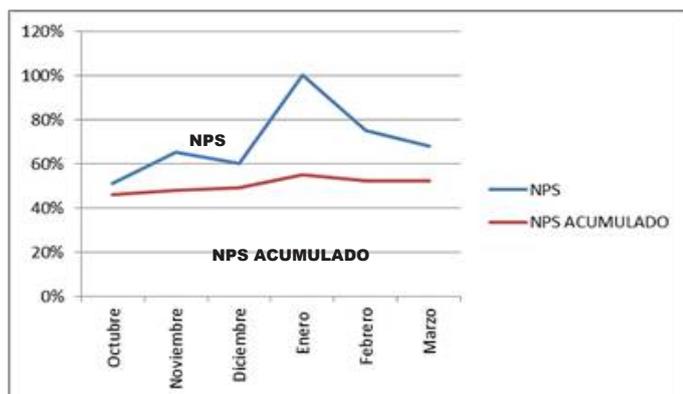
**Gráfica 2. Incrementos**



Finalmente, todo lo anterior tuvo un impacto positivo en la opinión de los clientes. El cálculo de NPS mensual indica la percepción del cliente en ese período

de tiempo. Cuando la estadística se acumula durante el tiempo se genera la línea del indicador acumulado.

### Gráfica 3. NPS mensual



Fuente: elaboración propia.

### Conclusiones

1. La implementación de DFSS en el taller de servicio de blindaje ayudó en el incremento de competitividad y rentabilidad de la operación. En el primer semestre del 2015, se logró un incremento de ingresos de 41%.

2. Los criterios de estándares en el manejo de procesos de cotización fueron los cuatro tipos de solicitudes y tiempos de respuesta según el origen del diagnóstico. En cada segmento se estableció una meta de tiempo total. La meta enfoca las actividades del proceso a cumplir la expectativa de tiempo. La meta de reducción de tiempos implicó un 70% comparado con lo registrado antes de la implementación.

3. El diagrama de flujo mejorado contiene la base para elaborar el manual de operación para el proceso. El diseño contiene la descripción, recursos, y líneas de comunicación entre áreas para cada actividad. El proceso fue revisado y se eliminaron cinco pasos, optimizando recursos.

4. La competitividad medida a través de la mejora en tiempos de respuesta se logró con la segmentación de las solicitudes. Después de tres meses, el promedio de respuesta para cada segmento se acercó a los tiempos metas propuestas. La consistencia de respuesta generó una mejora en el NPS en 10% comparado con el período previo a implementación. El primer mes de control, se obtuvo una calificación de 100% en este indicador.

5. El proveer a los clientes de respuestas rápidas, cotizaciones competitivas y rapidez servicio post venta son actividades que los clientes valoran. Por lo tanto, el diagnóstico, la respuesta del cotizador, la información oportuna que ma-

neja servicio al cliente, y la promoción de los servicios son actividades críticas que agregan valor.

### Recomendaciones

1. Con base en el incremento de ventas observado, se recomienda implementar la metodología en otras áreas de contacto con el cliente, y compartir esta práctica a las otras sedes de la empresa en la región centroamericana.

2. Aprovechar la pericia que obtuvo el equipo que participó en la implementación de DFSS para mejorar las metas de tiempo que se propusieron en cada segmento.

3. Revisar los estándares en las actividades, y el diagrama de flujo mejorado después de seis meses de control para optimizar mejor los recursos.

4. Darle seguimiento a cada caso registrado de detractores en la encuesta de NPS. Asignar un ejecutivo de nivel gerencial para que le dé seguimiento a solucionar la causa de la inconformidad del cliente con el servicio y la recuperación de la satisfacción.

5. Crear un plan de entrenamiento para las posiciones que se determinaron agregan valor con sus actividades en el proceso de cotización en el taller.

### Referencias Bibliográficas

- Crece Negocios. (2014). *Crece Negocios*. Recuperado el 21 de 02 de 2014, de El servicio de post venta: <http://www.crecenegocios.com/el-servicio-de-postventa/>.
- Díaz Medrano, S. (2008). *Aplicación del Método Seis Sigma en la mejora del proceso de facturación en la agencia Morelia Norte de la Comisión Federal de Electricidad*. México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Kiemele, M. J. (2003). *Using the Design for Six Sigma (DFSS)*. Recuperado el 2014, de <http://dtic.mil/ndia/2003test/kiemele.pdf>
- Ralón Salazar, G. R. (2004). *Seis Sigma como metodología de Gestión de Calidad*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
- Sánchez Ruiz, E. A. (2005). *Seis Sigma, filosofía de gestión de la calidad: estudio teórico y su posible aplicación en Perú*. Piura: Repositorio Institucional Piura, Universidad de Piura.

# APLICACIÓN DE LA MANUFACTURA ESBELTA EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE PUERTAS Y VENTANAS TIPO EUROPEAS PARA EL AUMENTO DE LA CAPACIDAD INSTALADA

## Resumen

El tema investigado se desarrolló en el escenario de la industria guatemalteca. Buscando aumentar la capacidad instalada para hacer frente al aumento de la demanda, sin ampliar la distribución del sistema productivo, sin adicionar maquinaria o recurso humano. La investigación planteó la utilización de la manufactura esbelta como herramienta, retando el status quo de los procesos, logrando concebir e implementar cambios sustanciales en el sistema, por medio de la eliminación de desperdicios en los procesos.

El problema fue resuelto debido a la implementación de mejoras derivadas del análisis de la metodología utilizada, siendo las principales: células de manufactura, proyectos kaizen—distribución de accesorios acorde a operaciones, carretilla tipo panal y dispensadores de felpa y empaque. La investigación concluye tras el desarrollo, que el aumento de la capacidad instalada es significativo, con el 153% adicional sobre la medición inicial del indicador. Aportando un beneficio tangible a la empresa, comprobando la solución a través de una prueba piloto.

## Palabras clave

Manufactura esbelta, capacidad instalada, puertas y ventanas europeas, desperdicios, sistema productivo, proceso.

## Abstract

The researched topic was developed in the scenario of the Guatemalan industry. Seeking to increase the installed capacity to cope with the increased demand, without expanding the distribution of the productive system, without adding machinery or human resource. The research raised the use of the lean manufacturing as a tool, challenging the status quo of the processes, thus achieving design and implement substantial changes in the system, through the elimination of waste in processes. The problem was resolved due to the implementation of improvements resulting from the analysis of the methodology used, the main ones being: manufacturing cells, kaizen projects - accessories distribution according to operations, truck type diaper and dispensers of plush and packing - .The research concludes after the development that the increase in installed capacity is significant, with



Esteban Abraham Santizo Sulecio  
Ingeniería Industrial  
estebansulecio@hotmail.com

MSc. Ing. Nestor Alejandro Patzán Chitay  
Magíster en Gestión Industrial  
alejandropatzan@gmail.com

the additional 153% on the initial measurement of the indicator. By providing a tangible benefit to the company, verifying the solution through a pilot test.

## Keywords

Lean Manufacturing, installed capacity, european doors and windows, wastes, productive system, process.

## Desarrollo del tema

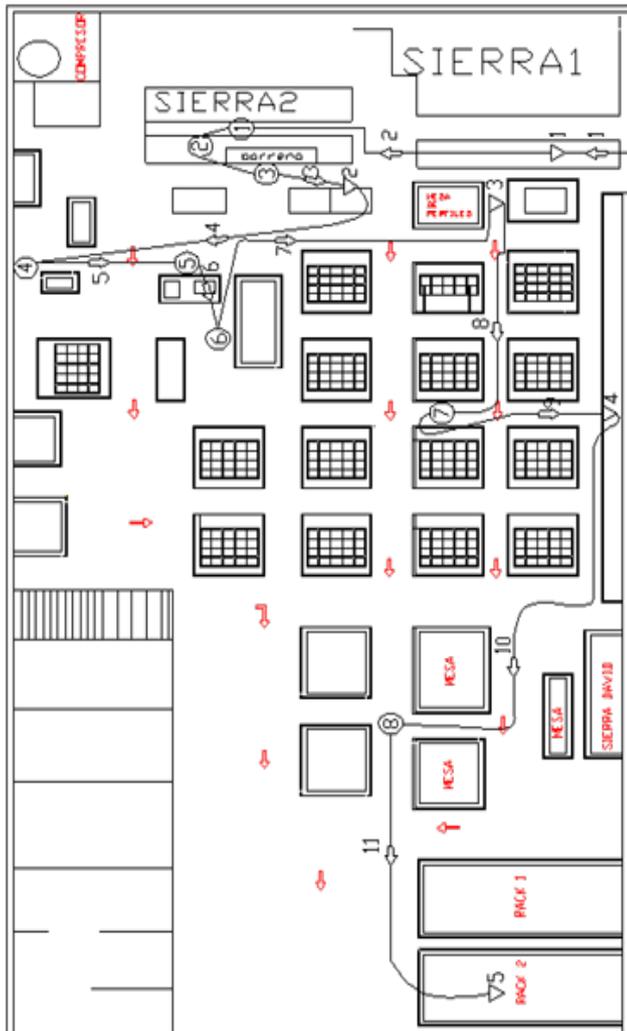
La investigación en sus cinco fases buscó concluir con mejoras enfocadas en la reducción o eliminación de desperdicios en los procesos para mejorar el indicador de la capacidad instalada.

En la primera fase se describió el sistema productivo conociendo a detalle la unidad de análisis. Utilizando la descripción del proceso y el diagrama de recorrido, en el que se condensó la información del sistema productivo, lugar de la problemática a resolver. Siendo los procesos: corte, troquel, ensamble y montaje, corte con dos estaciones y sierras milimétricas, troqueles con maquinaria neumática, ensamble con un proceso netamente manual al igual que montaje.

Se evidenciaron además almacenajes, desperdicios en materiales, tiempo y operaciones. Haciendo énfasis en el traslado manual de los materiales de un proceso a otro, principalmente el de perfiles.

En la observación de las cuatro áreas se detalló un proceso de producción intermitente por las características de la demanda determinística en el corto plazo –los bienes son fabricados acorde a las medidas del bien inmueble, existe un cliente antes de ser fabricada una ventana o puerta - con participación de maquinaria y del trabajo manual del personal operativo.

**Figura 1. Distribución**



**Fuente: elaboración propia.**

En la siguiente fase, se midió la capacidad instalada máxima inicial a través de histogramas de frecuencia y de la estadística inferencial por medio de intervalos de confianza. Esta medición fue de suma importancia, porque estableció el parámetro de comparación con el que se contrastarían los resultados alcanzados más adelante en la investigación.

Habiendo agrupado en intervalos la cantidad de marcos -medida de productividad- y aplicando los criterios de intervalos de confianza para datos muestrales se concluyó con los límites, capacidad instalada máxima y mínima del sistema.

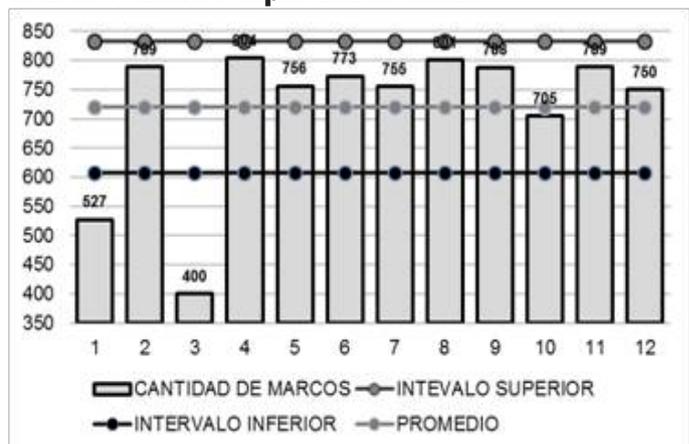
**Tabla 1. Medida de productividad**

|                              |     |   |       |
|------------------------------|-----|---|-------|
| Desviación de la muestra (s) | 126 | $t_{0.005}$                                   | 2.201 |
| Media ( $\bar{x}$ )          | 720 | Fórmula                                       |       |
| Número de datos, semanas (n) | 12  | $\bar{x} \pm t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$ |       |
| Grados de libertad (n-1)     | 11  | Intervalo superior (cap. máxima)              | 832   |
| Int. Confianza               | 99% | Intervalo inferior (cap. mínima)              | 607   |

**Fuente: elaboración propia.**

Así, con un 99% de confianza se argumentó que la capacidad máxima del sistema era de 832 marcos semanales, equivalente a 167 marcos/día, siendo la capacidad media 144. Gráficamente estos datos pueden observarse a continuación:

**Gráfica 1. Límites capacidad instalada**



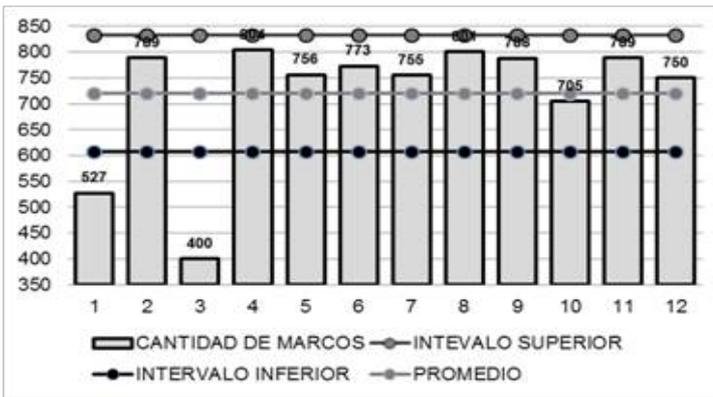
**Fuente: elaboración propia.**

Con los anteriores límites normalizados, se estableció como significativo el incremento que superara al límite máximo de capacidad instalada. Ya que este dato se situaría por encima de cualquiera de los obtenidos en el estudio y fuera del parámetro superior de comparación, la causa asignable de variación sería la aplicación de la manufactura esbelta.

Partiendo de que los procesos llevados a cabo en el taller de producción se aplican a diferentes tipos de ventanas y puertas tipo europeas, los mismos varían en tiempo y complejidad; además se utilizó el análisis de Pareto, aportando información esencial sobre qué tipo de productos debe centrar los esfuerzos en la reducción o eliminación de desperdicios, concluyendo que cerca del 80% de la producción del sistema se centra en ventanas proyectables, fijas simples y corredizas.

Estos bienes marcaron la pauta de las siguientes fases en la investigación.

**Gráfica 2. Intervalos capacidad instalada**



Fuente: elaboración propia.

Incrementar la capacidad de producción del proceso restrictivo equivale a incrementar la del sistema en conjunto, pero al no conocerla se empleó el estudio de tiempos, comenzando con la cronometración, normalización y estandarización en cada uno de los cuatro procesos, tal como lo establece la metodología de la ingeniería de métodos (García, 2005).

De la primera fase de la investigación se concluyó que las operaciones para los procesos de corte, troquel y montaje no varían entre productos, ello porque cortar, troquelar o montar vidrio eran operaciones genéricas que se hacían uniformemente para toda la gama de productos.

**Tabla 2. Estudio de tiempos**

| Proceso           | Tiempo cronometrado (min) | Calificación | Suplementos | Tiempo normal (min) |
|-------------------|---------------------------|--------------|-------------|---------------------|
| Corte             | 1.43                      | 1.08         | 1.16        | 1.80                |
| Troquel           | 2.55                      | 1.03         | 1.16        | 3.05                |
| Montaje de vidrio | 6.64                      | 0.99         | 1.16        | 7.63                |

Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, el nivel de complejidad en el proceso de ensamble era diferente entre la gama de piezas que se manufacturan. Por lo anterior se procedió con el estudio en los tres productos con mayor demanda real, cuyos resultados se muestran a continuación.

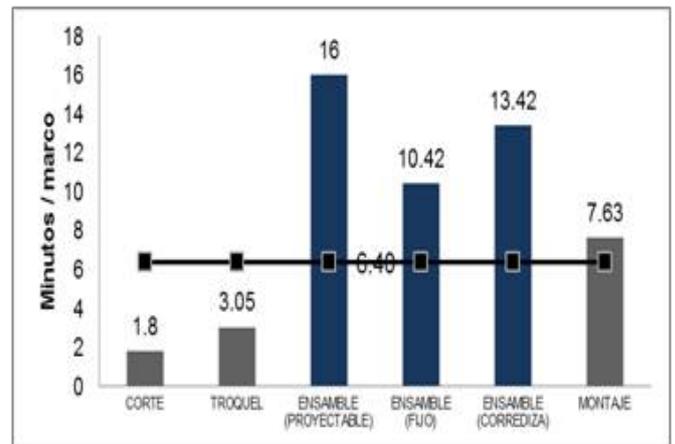
**Tabla 3. Estudio de tiempos proceso de ensamble**

| Tipo de ventana | Tiempo cronometrado (min) | Calificación | Suplementos | Tiempo normal (min) |
|-----------------|---------------------------|--------------|-------------|---------------------|
| Proyectable     | 27.05                     | 1.02         | 1.16        | 32.00               |
| Fijo            | 8.81                      | 1.02         | 1.16        | 10.42               |
| Corrediza       | 22.70                     | 1.02         | 1.16        | 26.85               |

Fuente: elaboración propia.

La información fue trasladada al análisis takt time. Haciendo la anotación que para mostrar datos uniformes, los resultados se trasladaron a minutos por marco. De esta forma, si una ventana proyectable se compone de dos marcos, el tiempo estándar fue dividido en dos.

**Gráfica 3. Análisis Takt time**



Fuente: elaboración propia.

Establecido el ritmo de producción acorde a la demanda en un marco por cada 6.40 minutos, quedó en evidencia que el proceso de ensamble representado por tres productos no estaba alineado al ritmo y por lo tanto lo convirtió en el recurso restrictivo del sistema. Adicional, empleando el análisis de generación de valor, que clasifica las operaciones y los tiempos asociados como aquellos que agregan valor y los que no, se concluyó que el 4,5% del tiempo total de las operaciones generaba valor de las 11,02 horas empleadas en el proceso.

**Tabla 4. Análisis de generación de valor**

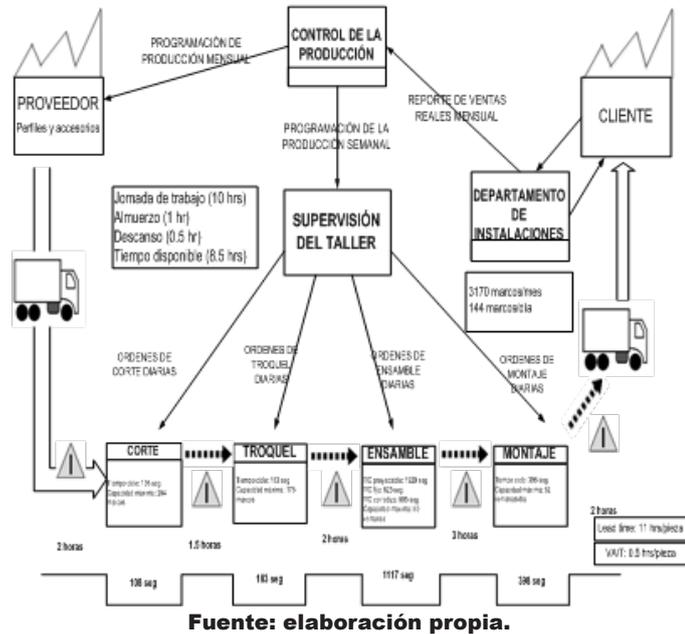
| Operación                     | Agrega valor (AV) | No agrega valor (NAV) | Duración (Hrs) |
|-------------------------------|-------------------|-----------------------|----------------|
| Almacenaje de vigas de perfil |                   | X                     | 2,00           |
| Proceso corte                 | X                 |                       | 0,03           |
| Almacenaje piezas cortadas    |                   | X                     | 1,5            |
| Proceso troquel               | X                 |                       | 0,051          |
| Almacenaje piezas troqueladas |                   | X                     | 2,00           |
| Proceso ensamble              | X                 |                       | 0,31           |
| Almacenaje ventanas y puertas |                   | X                     | 3,00           |
| Proceso de montaje            | X                 |                       | 0,11           |
| Almacenaje previo a despacho  |                   | X                     | 2,00           |
| <b>TOTAL</b>                  | <b>0.501</b>      | <b>10.5</b>           | <b>11,01</b>   |

Fuente: elaboración propia.

Buscando identificar los desperdicios en los procesos del sistema se vertió la observación de la primera fase y los datos medidos en la tercera fase para elaborar el Value Stream Map o mapeo de la cadena de valor. Evidenciando almacenajes de duración consi-

derable entre procesos, procesos centralizados, mermas por materiales, transportes inadecuados, etc.

**Figura 2. Mapeo de la cadena de valor**



De este análisis se desprendieron las mejoras. En el área de ensamble, la integración de células de manufactura dividiendo las operaciones. Al asignar operaciones a los integrantes de la célula de manufactura, también se diseñó el nuevo layout. La configuración y flujo quedó esquematizado de la siguiente forma.

**Figura 3. Esquema configuración y flujo área de ensablaje**



Empleando el balance de línea para los tres productos seleccionados, se procedió a dividir y asignar las operaciones a los tres integrantes que conformaron la célula.

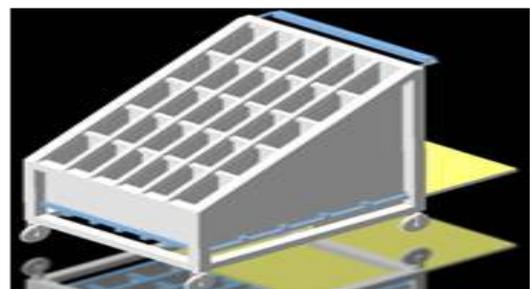
**Tabla 5. Célula de integrantes**

|                     | Operación                          | Tiempo      | Operarios   |
|---------------------|------------------------------------|-------------|-------------|
| FIJO                | 1 Poner empaque                    | 307         | 1           |
|                     | 2 Armar fijo                       | 318         | 1.04        |
|                     | <b>TOTAL</b>                       | <b>625</b>  | <b>2.04</b> |
| CORREDIZA           | 1 Preparar anchos                  | 399         | 1.3         |
|                     | 2 Preparar largos                  | 432         | 1.41        |
|                     | 3 Armar hoja                       | 212         | 0.69        |
|                     | 4 Medir y colocar cortavientos     | 275         | 0.9         |
|                     | 5 Armar marco                      | 259         | 0.85        |
|                     | <b>TIEMPO TOTAL</b>                | <b>1577</b> | <b>5.15</b> |
| VENTANA PROYECTABLE | 1 Colocar empaque flexible         | 209         | 0.68        |
|                     | 2 Colocar empaque central          | 337         | 1.1         |
|                     | 3 Armar hoja                       | 238         | 0.78        |
|                     | 4 Armar marco                      | 300         | 0.98        |
|                     | 5 Instalar cierre de presión hoja  | 152         | 0.5         |
|                     | 6 Instalar cierre de presión marco | 108         | 0.35        |
|                     | 7 Instalar mecanismo de flexión    | 227         | 0.74        |
|                     | 8 Montar hoja en marco             | 348         | 1.14        |
| <b>TIEMPO TOTAL</b> | <b>1919</b>                        | <b>6.27</b> |             |

**Fuente: elaboración propia.**

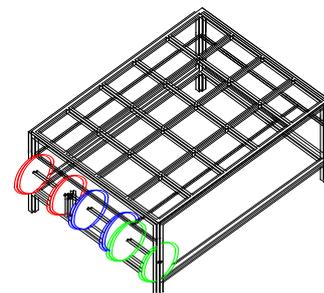
En el manejo del inventario de perfiles, la elaboración de una carretilla tipo panel móvil.

**Figura 4. Carretilla tipo panel**



Dispensadores de felpa y empaque adaptados a las estaciones de trabajo.

**Figura 5. Dispensador de felpa y empaque**



Las ideas se lograron concretar a través del diseño computarizado y como resultado del extenso análisis se generaron distintos proyectos en pro de la eliminación de desperdicios, estos fueron seleccionados a través de la matriz de priorización que contempló criterios ponderados, estableciendo de forma numérica aquellos que tendrían un mayor impacto en el corto plazo en el sistema productivo.

**Figura 6. Almacenamiento en carretilla tipo panel**



Fuente: elaboración propia

**Figura 7. Proceso de producción**



Fuente: elaboración propia.

Con las mejoras implementadas, llegó el momento de seleccionar la orden de producción sobre la cual se trabajó el plan piloto. Así, se seleccionó la obra que contenía los tres productos, ventanas fijas, proyectables y corredizas.

## Resultados obtenidos

Empleando la célula de manufactura y con los proyectos kaizen implementados en el sistema de producción, se presentan y discuten los resultados, con énfasis en el área de ensamble.

**Figura 8. Área de ensamble**



Fuente: elaboración propia.

Al simplificar las operaciones se eliminó el 61.90% del tiempo de almacenamiento de inventario equivalente a 6.5 horas. Las carretillas además solucionaron el problema del manejo manual de los material, reduciendo el tiempo de procesamiento en los dos primeros procesos, al ser por lote y no de forma individual. Estableciendo el manejo de inventario a través de Kanban.

**Tabla 5. Tiempo de procesamiento mejorado**

| Tipo de ventana / puerta | Cantidad | Tiempo de procesamiento total (hr) | Tiempo promedio (minutos / ventana) |
|--------------------------|----------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Fijo                     | 2        | 0.25                               | 7 min 30 seg                        |
| Proyectable              | 9        | 2.02                               | 13 min 28 seg                       |
| Corrediza                | 15       | 3.40                               | 13 min 36 seg                       |

Fuente: elaboración propia.

Los datos de la tabla 5 al ser comparados con los de la tabla 3 muestran disminución significativa en el tiempo de proceso en 50%. El plan concluyó con un tiempo efectivo de 5.67 horas y 60 marcos producidos. De aquí se hace la extrapolación de la producción diaria de la célula de manufactura, partiendo de 8.5 horas diarias efectivas disponibles.

**Tabla 6. Productividad proyectada**

| Cantidad de marcos | Tiempo (horas) |
|--------------------|----------------|
| 60                 | 5.67           |
| X                  | 8.50           |
| X = 90 marcos      |                |

Fuente: elaboración propia.

La extrapolación asume linealidad en la producción de una jornada completa, no contemplando la fatiga en el factor humano, misma que incide en la productividad obtenida, como en la calidad.

Al ser 15 personas las que integran el área de ensamble que resultó ser el proceso restrictivo, bajo el nuevo enfoque de producción, manufactura celular y la eliminación de desperdicios en los procesos, se puede inferir la conformación de 5 células de manufactura lo que equivaldría a 450 marcos diarios. Esta cantidad se obtiene cuando se trabaja al 100% de la eficiencia, con alineación de todos los recursos, trabajando en sincronía, la cual es pocas veces alcanzada debido a factores como la fatiga. Así, aplicando el factor de eficiencia en el largo plazo de 90% los marcos adicionales obtenidos sobre los 167 iniciales serían 255, lo cual equivale al 153% de incremento.

## Conclusiones

1. El sistema productivo investigado consta de cuatro procesos, corte, troquel, ensamble y montaje, en la secuencia que se mencionan. Es un sistema de producción intermitente, en mayor medida automatizado y que cuenta con demanda real.
2. Con un 99% de confianza se determinó la capacidad instalada máxima de 166 marcos diarios, por medio de la estadística inferencial utilizando la teoría de intervalos de confianza.
3. Con base al estudio de tiempos realizado, el *takt time* (6.4 min/marco) y la pared de balanceo revelan que el proceso que no tiene el desempeño alineado al ritmo de producción exigido por la demanda es ensamble (11 min/marco). Convirtiendo en el proceso restrictivo del sistema.
4. Se evidenciaron con el mapeo de la cadena de valor los almacenajes innecesarios, paros de producción, políticas de distribución de materiales deficientes y desperdicio de materia prima. Así, el 4.5% del tiempo agregaba valor de las 11 horas totales del tiempo ciclo.
5. Sobrepasando el límite inicial de la capacidad instalada máxima en 255 marcos, equivalente al 153% se puede inferir que existe aumento significativo, siendo la causa asignable de variación, la aplicación de la manufactura esbelta.

## Recomendaciones

1. El diagrama de recorrido es una técnica útil para describir un proceso productivo, que ejemplifica gráficamente y secuencia el orden en que se da. Así se recomienda para las investigaciones de esta naturaleza emplearla para una mayor comprensión del proceso.
2. El análisis longitudinal aporta mayor veracidad a la determinación de la capacidad instalada, porque se toma en cuenta un horizonte de estudio amplio. Así se considera apropiado emplearlo en futuras investigaciones.
3. Se recomienda la aplicación de proyectos Kaizen en el proceso de montaje, que demostró en el análisis inicial de pared de balanceo estar ligeramente sobre el ritmo de producción.
4. La estrategia para erradicar los desperdicios en los procesos acorde a la experiencia del investigador es conformar equipos multidisciplinarios Kaizen, en los que se generan ideas y se logran concretar

los proyectos. Se sugiere dar el seguimiento del plan propuesto para el aseguramiento de las mejoras.

5. El enfoque de la aplicación de la manufactura esbelta según la revisión de la teoría, como la evidencia en el desarrollo de la investigación apuntan a que la aplicación de esta metodología es para procesos de producción continuos e intermitentes.

## Bibliografía

- Cano Campiño, A. M. (2009). *Aumento de la capacidad instalada de producción en una planta de engobes cerámicos*. Medellín Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas.
- García Criollo, R (2005). *Estudio del método, Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. México, D.F.:McGraw Hill.
- Gutiérrez Pulico, H. (2010). *Calidad total y productividad* (Tercera edición). México, D.F. Mc Graw Hill.
- Hall, R. (2007). *The americanization of the Toyota Production System*. Recuperado el 2014 de [www.toyotageorgetown.com](http://www.toyotageorgetown.com).
- Solorzano, C. (1982). *Producción para competir. El análisis del proceso* Alajuela Costa Rica: INCAE.
- Womack, J.P,& Jones, D.T. ( 1988 ). *Lean Thinking*. New York.

# MÉTODO RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT (RAP) COMO UNA ALTERNATIVA DE REHABILITACIÓN DE CARRETERAS EN GUATEMALA, PROCESO DE CONSTRUCCIÓN Y NORMAS DE REGULARIZACIÓN

## Resumen

La rehabilitación de las carreteras es un punto principal en la política vial de Guatemala y que se maneja a través del plan de desarrollo vial 2008-2017, PDV, propuesto por la Dirección General de Caminos. Por tal razón, es importante dar a conocer un método alternativo para rehabilitar carreteras que involucre material reciclado, mismo que permitirá grandes ventajas y economías, y que su eficiencia ha sido comprobada en otros países.

El método Reclaimed Asphalt Pavement -RAP-, consiste en extraer los materiales que conforman la carpeta asfáltica por medio de fresado y re utilizarlos como proceso *in situ* o en planta, esto representa ventajas, entre las que predomina la disponibilidad de la calidad y granulometrías de los agregados, del bitumen asfáltico, la reducción de los costos tanto de mano de obra como del equipo a utilizar, del acarreo de material a los vertederos y la reducción de contaminación ambiental.

El reciclaje de carpeta asfáltica en Guatemala comenzó a utilizarse por aquellas empresas que son pioneras en la investigación y que tienen la capacidad económica para incorporar tecnología y adquirir la maquinaria necesaria.

Es posible el uso del método ya sea como reciclado en planta o *in situ*, depende de las condiciones o el deterioro que tenga la carpeta de rodadura y las capas subyacentes.

## Palabras clave

Carretera, pavimento, reciclaje de pavimentos, rehabilitación.

## Abstract

The rehabilitation of roads is a major point in Guatemala and road policy is handled through proposed by the Directorate General of Roads road development plan 2008-2017, PDV. For this reason, it is important to provide an alternative method to rehabilitate roads involving recycled material, it



Víctor Gabriel Rolando Mendoza Camey  
ing.victormendoza@gmail.com  
Ingeniero Civil

Cesar Augusto Castillo Morales  
Ma. Ingeniero Civil

will allow great advantages and economies, and its efficiency has been proven in other countries.

The Reclaimed Asphalt Pavement, RAP, method is to extract the materials that make up the asphalt by milling and re-use as spot or process plant, this represents advantages, among which dominates the availability and quality of grain sizes aggregates, the asphalt bitumen, reducing the costs of both labor and equipment to be used, the hauling material to landfills, reducing environmental pollution.

Asphalt recycling in Guatemala began to be used but those companies that are pioneers in the research and have the economic capacity to incorporate technology and acquire the necessary equipment.

It is possible using the method as either in-plant or on site, depending on conditions or deterioration that has the road surface and the underlying layers.

## Keywords

Road pavement, pavement recycling, rehabilitation

## Desarrollo del tema

Con el desarrollo del presente trabajo se exponen las características técnicas del método Reclaimed Asphalt Pavement (RAP), se determina el conocimiento en el ámbito vial de Guatemala

la, se describen sus procesos, ventajas, capacidad instalada, así como un análisis acerca de la normativa existente que sirve para su regularización.

En este sentido, el RAP se muestra como una alternativa de rehabilitación de carreteras, distinta a las técnicas tradicionales aplicables en nuestro país y que está basada en la experiencia de otros países como Estados Unidos, el cual lo realiza desde los años setenta.

Una de las ventajas de utilizar este método, consiste en que la demanda de materiales de los bancos se reduce considerablemente, permitiendo reducción de impactos ambientales al reciclar las carpetas y bases de un pavimento, ya que Guatemala es considerado como un país vulnerable a los efectos climáticos y ambientales, este método provoca una creciente sensibilización social acerca de la necesidad de preservar los recursos naturales.

En cuanto a los costos, se tiene la ventaja que aunque el material provenga de pavimentos envejecidos, estos conservan en buena parte sus propiedades, por lo que pueden ser reutilizados y no es necesario trasladarlos en su totalidad a los lugares para desperdicio sino basta con hacer un ajuste según las granulometrías requeridas.

El fresado y reutilización del conglomerado asfáltico, reduce también los costos de acarreo, pues se disminuye la necesidad de trasladar material de los bancos hacia las plantas generadoras de asfalto.

En el caso de fabricación en planta, se debe utilizar maquinaria de configuración especial y diferente que las plantas convencionales. En el boletín técnico T-127S fresado y reciclaje escrito por J. Don Brock de ASTEC, propone cinco métodos para utilizar RAP en una planta dosificadora y cinco tipos básicos de plantas mezcladoras de tambor capaces de manejar RAP, que no serán descritos en este trabajo dejando la opción de un seguimiento para el presente.

Cuando se trata de reciclado en el lugar, Wirtgen Group propone un manual de reciclado en frío en el que define los tipos de trenes de maquinaria que se

deben utilizar, proponiendo un fresado de la carpeta, adicionarlo a la tolva correspondiente, mezclarlo con los materiales correspondientes y volver a colocar el nuevo pavimento permitiendo ahorro de tiempo, colocación y apertura del tránsito en menos tiempo.

Para entender de una mejor manera el método RAP se describirá brevemente la metodología tradicional de colocación de carpetas y se comparará con las características técnicas y económi-

cas de un pavimento utilizando material reciclado.

Para formar el criterio de su funcionalidad y viabilidad constructiva, así como las especificaciones regionales para la construcción de pavimentos en Guatemala y las especificaciones y normas internacionales, empleando este conocimiento para determinar las ventajas que el método ofrece.

El reciclado de los pavimentos deteriorados no es una idea nueva, no obstante con el aumento de las exigencias medioambientales y económicas se ha convertido en una alternativa cada vez más utilizada por diferentes países en todo el mundo, tomando en cuenta que en Guatemala se tiene una escasa experiencia en el reciclado de pavimentos.

Los resultados de comparación de las tablas 1 y 2, proporcionan información que una carpeta conteniendo material reciclado puede tener características similares a las de una carpeta con materiales vírgenes, además la propuesta de comparación económica de una mezcla fabricada en planta sin RAP y otra incorporándole el 20 % de RAP, evidencia un ahorro que es significativo según la longitud del tramo que se debe rehabilitar.

**Tabla 1. Datos de control de calidad**

Comparación entre mezclas tipo F 9.5 mm con y sin RAP

| Tipo de mezcla        | Límites      | SIN RAP    | CON RAP    |
|-----------------------|--------------|------------|------------|
|                       |              | F (9.5 mm) | F (9.5 mm) |
| Fecha                 |              | 21/08/2013 | 21/08/2013 |
| Densidad              |              | 2.386      | 2.376      |
| Vacios                | 03 -- 05     | 4.14       | 4.24       |
| V.A.M.                | > 13         | 16.55      | 16.4       |
| V.R.A.                | 65 -- 75     | 74.98      | 74.14      |
| Estabilidad           | 1000 -- 3000 | 2708       | 2648       |
| Flow                  | 8 -- 14      | 12         | 12         |
| Est. Flow             | 120 -- 275   | 236        | 230        |
| Extracción de bitumen |              | 5.53       | 5.44       |
| % de asfalto en RAP   |              |            | 4.6        |
| Toneladas producidas  |              | 60         | 60         |

Fuente: Gallardo Chavarry, M, 2013.

Al estudiar las características, procesos, y ventajas de una carpeta utilizando material reciclado, es posible determinar beneficios ambientales, económicos y técnicos.

Estas ventajas pueden ser aprovechadas en Guatemala al comprender que debe realizarse una inversión económica inicial, capacitaciones e investigación más profunda, pero al transcurrir el tiempo puede convertirse en un método aplicable,

así como en otros países, donde el reciclado de carpetas es uno de los métodos con mayor uso.

**Tabla 2. Media de 60 producciones. Control de calidad. Comparación entre mezclas tipo E 12.5 mm, 30 producciones con y sin RAP**

| Tipo de mezcla                | Media sin RAP | Media con RAP | Límites      |
|-------------------------------|---------------|---------------|--------------|
|                               | E (12.5 mm )  | E (12.5 mm )  |              |
| % de asfalto ( Extracción)    | 5.10          | 5.12          |              |
| Relación finos-asfalto        | 1.27          | 1.31          | 0.6 -- 1.6   |
| Estabilidad Marshall          | 2787          | 2383          | 1000 -- 3800 |
| Flow                          | 13.52         | 12.13         | 8 -- 14      |
| Relación estabilidad--flow    | 214.66        | 222.89        | 120 -- 275   |
| % de vacíos                   | 4.17          | 4.15          | 3 -- 5       |
| Vacio agregado mineral V.A.M. | 15.77         | 15.67         | > 13         |
| % de vacíos rellenos V.R.A.   | 73.3          | 73.48         | 65 -- 75     |
| Densidad                      | 2.39          | 2.38          |              |

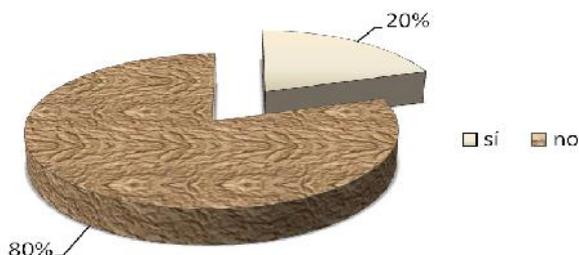
Fuente: Gallardo Chavarry, M, 2013.

Con la presente investigación aumentará la experiencia y el conocimiento, proveyendo información en cuanto al proceso de construcción de pavimentos reciclados y las normas correspondientes de regularización, debido a que los resultados obtenidos en las encuestas a los supervisores de COVIAL evidencian que no hay un conocimiento adecuado acerca del tema.

### Resultados obtenidos

El espacio muestral representado por 79 personas, de los cuales el 20% manifestaron tener poca experiencia en la utilización del método RAP, por lo tanto desconocen el tipo de deterioro de la carretera para la aplicación del método.

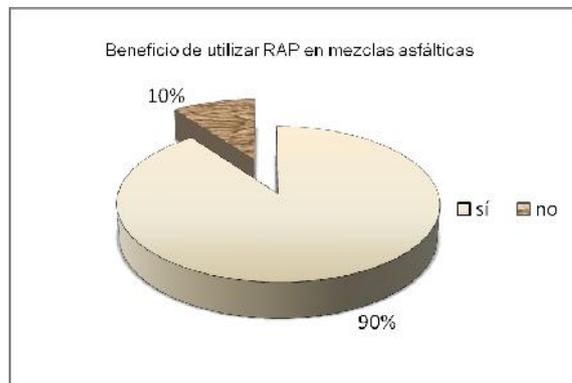
**Figura 1. Conocimiento del método de reciclado de pavimento**



Fuente: elaboración propia

Este desconocimiento se debe a la falta de políticas e inversión que incentiven el uso del método RAP por parte de las entidades gubernamentales responsables del mantenimiento de la Red Vial. El 90% de los encuestados manifiestan interés por conocer los beneficios del método RAP.

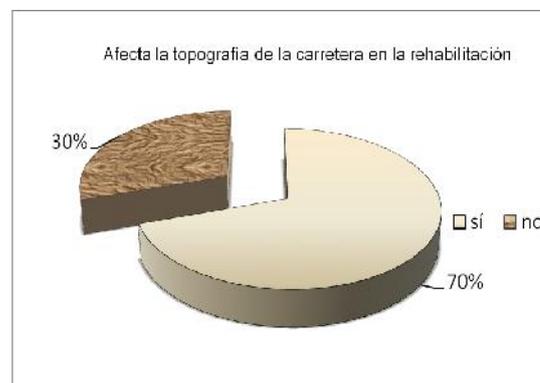
**Figura 2. Beneficio de utilizar RAP en mezclas asfálticas**



Fuente: elaboración propia.

El 70 % de los encuestados argumenta que la topografía del terreno sí afecta al momento de rehabilitar una carretera.

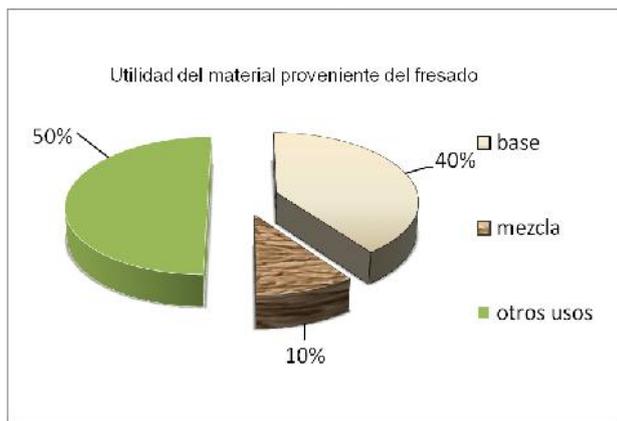
**Figura 3. Afecta la topografía de la carretera en la rehabilitación**



Fuente: elaboración propia.

La utilidad que se le puede dar al material proveniente del fresado está distribuida de la siguiente manera: el 10% es utilizado para nueva mezcla, el 40 % para base y el otro 50 % para otros usos, incluyendo carreteras de terracería.

**Figura 4. Utilidad del material proveniente del fresado**



Fuente: elaboración propia.

Se requiere alta inversión inicial para dotar de capacidad instalada por la maquinaria y el equipo que se requiere, pero existen grandes beneficios económicos cuando se aplica el método mencionado.

La carpeta con contenido de material reciclado posee características similares a una carpeta conteniendo materiales vírgenes.

En la tabla siguiente se muestra la comparación del precio por tonelada de una mezcla convencional en planta y una mezcla asfáltica empleando el 20% de RAP mostrando un ahorro significativo de Q.78.46 por tonelada.

**Tabla 3. Comparación de precio por tonelada de una mezcla fabricada en planta con y sin RAP**

| Tipo de mezcla                             | Precio por Tonelada |
|--|---------------------|
| Mezcla asfáltica en planta sin RAP         | Q 604.80            |
| Mezcla asfáltica en planta con 20 % de RAP | Q 526.34            |

Fuente: elaboración propia.

El método RAP se puede utilizar ya sea *in situ* o en planta y depende de las condiciones o el deterioro que tenga la carpeta de rodadura y las capas subyacentes.

## Discusión de resultados

Los resultados de las encuestas y entrevistas realizadas a los profesionales del ramo vial, reflejan que actualmente en Guatemala no existe una política gubernamental defini-

da que incentive la utilización del método RAP.

Solamente el 20% de los supervisores de la Unidad Ejecutora de Conservación Vial -COVIAL- ha escuchado mencionar que existe un método que consiste en reciclar el pavimento y el otro 80% no ha escuchado.

El porcentaje que conoce el método indica que consiste en utilizar la carpeta asfáltica y la base subyacente de un pavimento existente, quitarlo, almacenarlo, procesarlo y utilizar alguna parte para una nueva carpeta asfáltica.

Considerando las bondades de la carpeta asfáltica de una carretera es posible utilizar nuevamente el material fresado, en un rango del 30 % al 50 % en una base negra o caminos municipales o caminos rurales.

## Conclusiones

1. En las encuestas realizadas, cuyo espacio muestral corresponde a 79 profesionales supervisores de COVIAL, el 20%, un porcentaje considerado como bajo, opinan conocer acerca del método RAP para la rehabilitación de carreteras en Guatemala, pero de los mismos encuestados, el 90% manifiesta interés por conocer los beneficios del método mencionado.

2. En Guatemala existe normativa aplicable al método RAP, pero la falta de políticas que incentiven el uso del mismo, hace que esta normativa solo se plasme en papel y no provoque la investigación e incentive aún más la capacidad instalada.

3. Una mezcla asfáltica fabricada con incorporación de RAP posee características similares a las mezclas fabricadas de forma convencional, las cuales cumplen con los parámetros establecidos en la normativa vigente en nuestro país, los procesos descritos para emplear el método están indicados en la normativa correspondiente.

4. Entre las ventajas sobresalientes de utilizar el método RAP están:

a) Ambientales: al utilizar un porcentaje del material producto del fresado de la carretera en la misma carretera u otra, se ayuda a reducir la extracción de volumen de material proveniente de bancos de materiales y ríos, se evita trasladar el material a botaderos, esto da como resultado un uso sustentable de los recursos.

b) Económicas: cuando se incorpora un porcentaje de RAP, se reduce el costo del material

que se debe utilizar para la nueva mezcla asfáltica, aprovechando el material proveniente del fresado.

c) Técnicas: cada día se están fabricando máquinas más eficientes que pueden reducir el tiempo de la rehabilitación en una sola pasada, y la mezcla asfáltica con incorporación de RAP posee características que cumplen con los parámetros establecidos en la normativa correspondiente.

5. En Guatemala de acuerdo a información proporcionada por profesionales del área vial se sabe que en el año 2,015 hay dos empresas de renombre que se han dedicado a la investigación y creación de un plan para utilizar los materiales provenientes del fresado, que cuentan con planta configurada para la incorporación de RAP a la mezcla, el laboratorio adecuado para analizar los materiales y el personal capacitado para realizar el trabajo de rehabilitar utilizando RAP y hay como tres o cuatro empresas que poseen máquinas para reciclar en frío o fabricar asfalto espumado como base para pavimento.

6. El análisis comparativo de costo por tonelada métrica fabricada en planta de una mezcla utilizando un método convencional versus una mezcla incorporándole un 20 % de RAP, indica que hay un ahorro de Q. 78.46 por tonelada de mezcla y para una mezcla de 600 toneladas el ahorro de material de agregado es de 65 metros cúbicos

4. Para una correcta aplicación del método RAP se debe tener un laboratorio adecuado para determinar la calidad de los agregados provenientes del fresado, un diseño correcto de la mezcla a utilizar y una buena inversión para que en la planta o en el campo se tenga la maquinaria necesaria para una buena aplicación de mezcla asfáltica, así como el personal capacitado.

## Referencias Bibliográficas

- Brock, J. D. (1988). *Fresado y reciclaje*. Obtenido de [http://www.Astecinc.com/images/file/literatura/T127\\_SP.PDF](http://www.Astecinc.com/images/file/literatura/T127_SP.PDF).
- Caminos, D. G. (2001). *Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes*. Guatemala.
- Centroamericana, S. d. (2004). *Manual Centroamericano de Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales*.
- Group, W. (2004). *Manual de reciclaje en frío*. Alemania. Officials, A. A. (1993). AASHTO. Washington.

## Recomendaciones

1. Es importante crear una comisión de la Escuela de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala ante la entidades gubernamentales de tal manera que se pronuncie y promueva la profesionalización de su personal así como el uso de nuevas tecnologías como el RAP para dar a conocer las ventajas ambientales, económicas y técnicas que ofrece.

2. Que las entidades responsables del mantenimiento y rehabilitación de carreteras se actualicen y promuevan la actualización, capacitaciones y aun profesionalización en las diversas técnicas actuales de rehabilitación de carreteras en donde se dé a conocer la metodología, los beneficios y de los avances que se tienen en otros países.

3. Promover la aplicación de las normas para utilizar el RAP como alternativa para la rehabilitación de carreteras en Guatemala.

# ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA VIAL SOBRE LA RUTA CA02W QUE ATRAVIESA LA POBLACIÓN DE CUYOTENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ.

## Resumen

El objetivo principal de este trabajo de graduación es identificar los factores principales que generan problema o conflicto sobre la libre y fluida circulación vehicular, así como también el tiempo perdido por el congestionamiento en la ruta CA02W, que atraviesa la población de Cuyotenango, Suchitepéquez. El enfoque utilizado es descriptivo. Para poder delimitar esta problemática, se abordó el tema realizando dos conteos de tránsito durante doce horas en tres puntos críticos para tener mejor el panorama, se analizó la tipología de este tránsito que circula por la ruta, se calcularon los costos de operación vehicular y sobre ello se hace una propuesta de largo plazo para darle fluidez al tránsito que circula en esta área.

Como resultado, se observa que todo lo anterior genera entre otros problemas, el congestionamiento vehicular, altos costos de operación vehicular, encarecimiento de los productos básicos, incremento en los períodos de viaje.

La investigación permite concluir que es necesaria una propuesta que considere el alto volumen de vehículos de carga lenta provenientes de Tulate y de la frontera con México así como de la capital, circulando en horas pico, considerando que es un punto altamente agrícola y su ubicación lo hace vital para el comercio nacional e internacional.

## Palabras clave

Problemática vial, conteos de tránsito, costos de operación vehicular, derecho de vía.

## Abstract

The main objective of this graduation work is to identify the main factors that create problems or conflicts on the free and smooth traffic flow, as well as time lost in congestion CA02W route through the village of Cuyotenango, Suchitepéquez. The approach is descriptive. In order to define this problem, the issue is addressed by performing two traffic counts for twelve hours in three critical points to better take the picture, the type of traffic using this route was analyzed, vehicle operating costs were calculated and this long-term proposal is to give fluidity to traffic flowing in this area.

As a result, we see that all this generates among other problems, traffic congestion,



William Alejandro Pérez González  
willygonzalez22@yahoo.com  
Ingeniero Civil

Cesar Augusto Castillo Morales  
Mtro. Ingeniero Civil

tion, high vehicle operating costs, higher prices for commodities, increased travel periods.

The research supports the conclusion that a proposal to consider the high volume of vehicles from Tulate trickle charge and the border and the capital circulating in peak hours, considering it is a highly agricultural point and its location makes it vital is needed to domestic and international trade.

## Keywords

problematic road, traffic counts, vehicle operating costs, right of way.

## Desarrollo del tema

El tránsito vehicular es un fenómeno que se incrementa día a día y ese crecimiento en muchas ciudades se vuelve desordenado y descontrolado. Uno de los efectos que se genera de este fenómeno, es el congestionamiento vial, siendo una de las causas de preocupación en casi la mayoría de las ciudades del mundo. El tránsito abarca todas las actividades

vinculadas con el sistema de transporte terrestre. Desde el transporte colectivo y comercial, hasta el transporte privado, todos se ven afectados directamente por esta situación, mucho del tiempo perdido que provoca este fenómeno repercute de manera general en el encarecimiento del costo de vida, razón por la cual cuando se genera un atascamiento vehicular, provoca grandes pérdidas económicas.

Analizar la problemática vial que surge en la carretera que atraviesa la población de Cuyotenango, es de interés para los usuarios de esta vía, que esperan una respuesta técnica que viabilice la circulación vial y permita un flujo ordenado y constante. Un elemento importante de este estudio consideró el punto crítico de la ruta y la hora pico, lo cual será determinante para este tipo de análisis. Llevarlo a cabo sirvió para demostrar la realidad nacional que se vive en este corredor internacional.

Se espera que este estudio dé la pauta sobre los elementos que afectan el congestionamiento al pasar la población de Cuyotenango y mejorar las condiciones de este tramo. Con esta descripción y análisis realizado se estima también reducir los tiempos perdidos por el conflicto vehicular, aumentar la velocidad de circulación, reducir el índice de accidentes por saturación de peatones de la carretera.

Todo esto se visualiza en una propuesta de diseño geométrico o cambio de línea que circunvale la población de Cuyotenango, mejore la conectividad con la ruta hacia la playa de Tulate y se interconecte con la ruta principal que está ligada directamente al comercio internacional.

La solución propuesta en el presente trabajo de graduación, consiste en un libramiento que parte de la estación 168+300 a la 169+300, vinculándose a los trabajos que está realizando la Dirección General de Caminos, a fin de crear un anillo periférico de la población y mejore el paso del tránsito pesado hacia la ruta a la playa Tulate, como resultado de los estudios y análisis que se hicieron para realizar la propuesta a largo plazo.

El estudio se desarrolló de la manera siguiente: se hizo una visita preliminar, se tomaron fotografías, se compró fotografía aérea, se consultaron planos, recolección de datos en campo sobre volúmenes de tránsito, se calcularon costos de operación vehicular, se usaron métodos estadísticos y se interpretaron los resultados.

Se realizaron conteos de tránsito en tres estaciones definidas para que la información sea representativa y pueda servir para la toma de decisiones.

Se procedió a planificar con los aforistas las horas en las cuales se realizarían las mediciones y la coordinación de los mismos.

Se tomaron fotografías del proceso de los conteos de tránsito y las estaciones donde fueron ubicados los aforistas, así como de la cir-

culación vehicular por la ruta en estudio.

Se adquirió una fotografía aérea de Cuyotenango específicamente de esta parte de la ruta, en el Instituto Geográfico Nacional.

Se utilizaron métodos estadísticos para determinar medidas de tendencia central como promedios, cálculos realizados para el costo de operación vehicular (COV) y análisis de los promedios de los estudios de tránsito, así como alguna proyección.

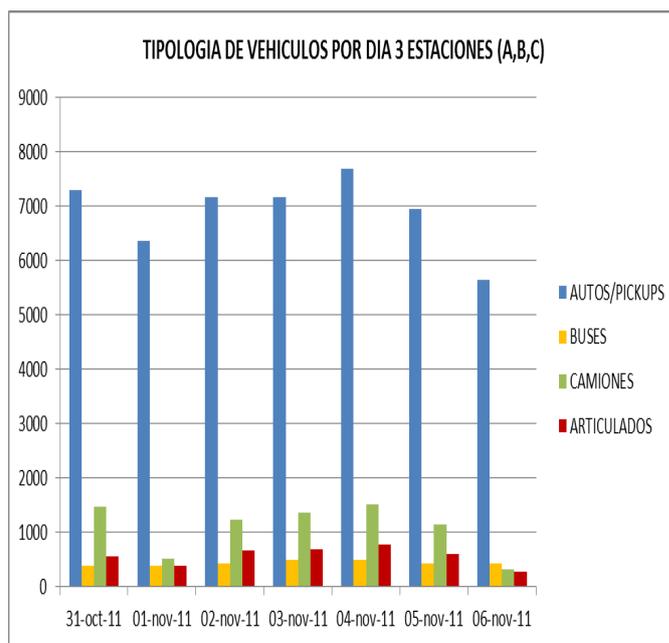
Se analizaron los resultados obtenidos y se hicieron cuadros comparativos para proponer la mejora de la ruta, puesto que los cálculos demuestran aspectos de suma importancia como los recursos que se desperdician y los altos costos generados por el congestionamiento vehicular.

Se creó una lista de propuestas en las cuales se muestra cada escenario para el estudio, así como la que está acorde a las necesidades de esta ruta.

## Resultados

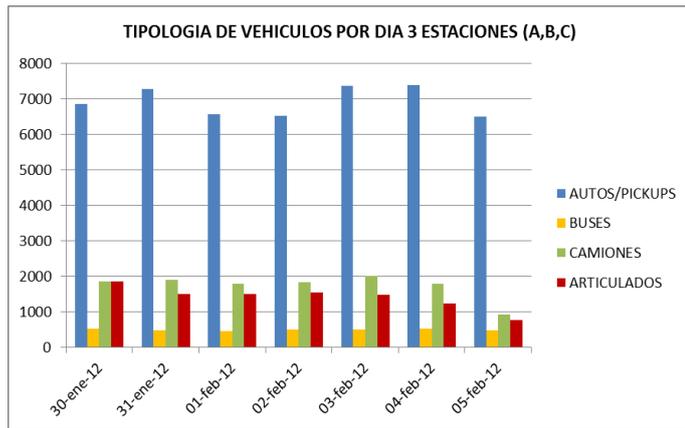
Se hizo una clasificación por tipología de vehículos, esta se dividió en 4 grupos: autos, buses, camiones y articulados.

**Gráfica 1. Primer conteo. Tipología de vehículos de las tres estaciones de conteo, saliendo de Cuyotenango hacia Tulate.**



Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 2. Segundo conteo. Tipología de vehículos de las tres estaciones de conteo, saliendo de Cuyotenango hacia Tulate.**



Fuente: elaboración propia.

**Tabla 1. Resumen de costos de operación vehicular (COV) para vehículo, camión C3 y autobús extraurbano.**

| No. | TIPO DE GASTO                  | TIPO DE VEHÍCULO   |                    |                     |
|-----|--------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
|     |                                | C3                 | PARTICULAR         | AUTOBÚS             |
| 1   | Combustible                    | \$34,937.50        | \$8,896.50         | \$84,635.47         |
| 2   | Repuestos + mano de obra       | \$10,374.41        | \$2,278.72         | \$10,574.41         |
| 3   | Mantenimiento                  | \$1,566.58         | \$850.00           | \$28,546.08         |
| 4   | Seguro                         | \$2,154.05         | \$1,210.14         | \$2,443.86          |
| 5   | Impuesto circulación vehicular | \$613.58           | \$202.61           | \$691.91            |
| 6   | Degradación vehicular          | \$20,234.96        | \$2,890.72         | \$39,164.49         |
|     | <b>TOTAL</b>                   | <b>\$70,081.10</b> | <b>\$16,328.69</b> | <b>\$166,056.22</b> |
|     | Kilómetros recorridos          | 65,000.00          | 84,000.00          | 216,000.00          |
|     | <b>COV (US\$/KM)</b>           | <b>1.08</b>        | <b>0.19</b>        | <b>0.77</b>         |

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presentan las propuestas evaluadas para el presente estudio.

**a.** Alternativas de corto plazo  
Policías de tránsito, colocación de semáforos, señalización vertical y horizontal, intersecciones (Tulate), regulación de horario para circulación.

**b.** Alternativa de mediano plazo  
La entidad encargada a nivel nacional de proponer alternativas de impacto vial es la Dirección General de Caminos (DGC), se ha realizado un estudio y una propuesta que considera disminuir la problemática que se genera en este sector. Sin embargo esta considera el tránsito principal que se moviliza de Tecun Umán hacia la Capital y viceversa pero no contempla como solución integral el que se genera por el comercio hacia Tulate que si es considerable. A continuación se presenta la gráfica de la opción planteada por la Dirección General de Caminos (DGC).

**Figura 1: Alternativa generada por la Dirección General de Caminos (DGC)**



Fuente: elaboración Dirección General de Caminos.

Propuesta de largo plazo.

Dada las circunstancias que se tienen en el tramo en estudio se considera integrar los vehículos que vienen de Tulate, la razón principal es para evitar la congestión en este tramo porque la mayoría de transporte pesado que se moviliza hacia Tulate aumenta cuando es época de zafra.

Si a eso se agregan los vehículos que regularmente transitan, se obtienen aproximadamente 180 camiones articulados por día durante 5 meses, lo cual genera que se formen colas de más de 1 km y el tiempo para poder atravesarlo es de 30 min o más en algunas oportunidades.

De esa forma, todo esto viene a encarecer los insumos que deben adquirir las familias porque los tiempos perdidos y los costos de operación vehicular se incrementan, lo cual se refleja más al estar en época de zafra por tener en un tramo tan corto dos ingenios azucareros.

En tal sentido, el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, SIECA, 2011, pág. 32, muestra una carretera que se diseña con un nivel de servicio D, con excepción de las autopistas, donde se estima un nivel C.

Por lo tanto, a continuación se presenta la propuesta propia para esta ruta CA02W donde se integra el tránsito pesado que se mueve hacia el sur del municipio.

Figura 2. Propuesta de libramiento de comunita integración de transporte pesado para Cuyotenango



Fuente: elaboración propia.

## Resultados obtenidos

Debido a la cantidad de vehículos livianos y de carga que circulan por la ruta CA02W y la ruta hacia Tulate, cabe destacar que ésta es primordial para el desarrollo del país como muestran los resultados.

Además es de suma importancia incluir un proyecto que considere el tránsito que se moviliza hacia la playa de Tulate, puesto que no solo muestra altos índices vehiculares para ese tipo de ruta, sino además, la tipología para el caso de vehículos de carga, muestra un comportamiento económico de la zona.

No se puede desarrollar un plan para Cuyotenango sin tomar en cuenta las exigencias de la zona, a todo ello se le debe sumar que cada día hay más inversión en esta zona del país al estar considerado como un punto de producción en sentido agrícola, ganadero, industrial y comercial.

El aumento de vehículos de carga lenta obedece a la época de zafra, esto se considera debido a que existen dos ingenios cerca, ambos comparten rutas para poder movilizar su materia prima hacia su destino final.

En tal sentido, al analizar la importancia de la ruta CA02W para el transporte de carga, se debe tomar en consideración el Tratado de Libre Comercio entre Centroamérica y México, que forma parte del Plan Puebla – Panamá, generará a mediano plazo un aumento en los tiempos de viaje de los vehículos de carga lenta, puesto que los T3S2R4 (85 toneladas) circulan en buen número en las autopistas de México, y aún más al recordar que son los vehículos de máxima carga sin pasar a ser cargas especiales.

Razón primordial por lo que es necesario evaluar la propuesta de ésta circunvalación, todo ello desentra-

na una serie de ventajas en el sentido de seguridad vial se disminuiría accidentes como primer punto, esto porque la circulación de vehículos de carga lenta tendrían una ruta alejada de la población, luego se disminuirían los costos operación vehicular al estar más fluida la circulación, ya no se perdería demasiado tiempo por las paradas obligatorias por el reducido derecho de vía, se reducirían los tiempos de viaje por tener menos tiempo de espera para el paso por esta ruta al congestionarse, se propiciaría la inversión extranjera la cual es importante para el país debido a que los empresarios saben que no tendrán pérdidas derivadas del estancamiento vial en proporciones desmedidas como las que actualmente se sufren, se aumentaría la competitividad del país porque sería más eficientes las personas que laboran por el sector y los que usan la ruta para diferentes actividades.

Dentro de las ventajas de la propuesta a largo plazo se pueden mencionar las siguientes: involucrar el tránsito de carga lenta generado por los ingenios, industrias y comercio de la región para incorporarse sin problema a la ruta CA02W, por el contrario la propuesta de la DGC no consideró estos volúmenes y tipología de tránsito proveniente de la playa de Tulate.

De la longitud total de la propuesta a largo plazo se tiene 1 kilómetro de trazo existente municipal entre potreros de caña de azúcar, por el cual circulan los vehículos de carga lenta para incorporarse a la ruta CA02W en sentido hacia Tecún Umán, lo que haría más accesible el derecho de vía.

La propuesta libra casi en toda su longitud poblados o caseríos, lo que genera un costo de adquisición para el Estado más bajo a la hora de analizar el derecho de vía. Disminuir accidentes, puesto que no existen poblaciones paralelas a la circunvalación ni co-

mercio cercano a este, lo que sería beneficioso para los índices de accidentalidad en el sector.

Mejorar el nivel de vida de las personas que viven actualmente a orillas de la ruta CA02W, por medio de disminuir la contaminación ambiental con la emanación de humo de la combustión de motores y la auditiva con sonido de bocinas y motores. Se disminuirían los tiempos perdidos provocados por el estrangulamiento del derecho de vía y comercios contiguos a la ruta en estudio.

La propuesta propia tiene de longitud 2.5 km y la propuesta de la Dirección General de Caminos tiene 1.5 km, esto da una diferencia de 1 km, sin embargo a la hora de hacer una estimación de costo de adquisición para el derecho de vía la diferencia no es muy grande al considerar que la segunda pasa por población y viviendas, mientras que la otra pasa en una parte donde ya existe una ruta establecida que se está aprovechando.

Disminución de los tiempos de viaje por tener una ruta con menos descensos en la velocidad de circulación de los vehículos. Disminución en los costos de operación vehicular, en todo los tipos de vehículos, por no verse obligado a detenerse hasta llegar a la unvelocidad que tienda a cero. Se eliminan virajes a la izquierda, los cuales siempre generan un grado de inseguridad.

## Conclusiones

1. El volumen de tránsito de vehículos que circulan en la ruta CA02W es de 8,898 vehículos diarios.
2. Los tiempos perdidos por la congestión vial se incrementan un 600% en este tramo de la ruta CA02W.
3. Los costos de operación calculados son los siguientes: para un camión C3 es de US\$1.08/km, para un vehículo particular es de US\$0.19/km y para un autobús es de US\$0.77/km recorrido, estos provocados por el congestionamiento vehicular.
4. Se propone una alternativa de solución a largo plazo, para el conflicto vial por medio de una circunvalación que considere el tránsito de carga lenta generado por las zonas industriales aledañas al tramo en estudio.
5. Para la realización del diseño de pavimento y puentes en la ruta, se deben considerar las cargas especiales y los vehículos T3S2R4 por ser críticos más aún al considerar el desarrollo económico del área.
6. La colocación de dispositivos de señalización

son necesarios e irremplazables en la ruta, aunque no den la solución definitiva ayudan a dar seguridad.

## Recomendaciones

1. Considerar los volúmenes de tránsito que circulan por el área para el diseño del libramiento, dado que son indicadores de la necesidad de realizar el libramiento.
2. En la medida de lo posible, se debe reemplazar la señalización vertical por la horizontal, esto porque se deterioran muy rápido y no se reemplazan a la inmediatez.
3. Reforzar las soluciones de corto plazo, mencionadas en el desarrollo del documento para evitar que crezca el problema de la congestión vehicular.
4. Es necesario implementar una normativa guatemalteca actualizada en lo referente a tránsito puesto que de esta manera se pueden ir haciendo estudios para ampliar la infraestructura vial proyectada a un futuro.
5. Proponer a los ingenios de la zona un acuerdo, por medio de ceder a un precio accesible el derecho de vía y así disminuir la congestión en este punto.

## Referencias Bibliográficas

- Caminos, D. G. (2010). *Perfil técnico económico y plan de desarrollo vial*. Guatemala.
- Caminos, D. G., & Ministerio de Comunicaciones, I. y. (2000). *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: Ingenieros Consultores de Centro América S.A.
- García, N. (2010). *Control de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones*. Guatemala.
- Guatemala, G. d. (1942). *Reglamento sobre el derecho de vía de los caminos públicos y su relación con los predios que atraviesan*. Guatemala.
- Quiroa, M. (2005). *Contabilidad de costos aplicando costeo directo para empresas de transporte extraurbano*. Guatemala.

# ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE VIGA-LOSA DE CONCRETO ARMADO DE 20 METROS DE LONGITUD, SEGÚN NORMAS DE AASHTO STANDARD Y AASHTO LRFD, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE RECURSOS INFORMÁTICOS

## Resumen

En el presente documento se desarrolló el diseño de un puente de 20.00 metros de longitud, comparando dos metodologías; la primera con metodología tradicional, se utilizó normas AASHTO Standard; la segunda, se utilizó normas AASHTO LRFD, mediante la aplicación de recursos Informáticos. Se propone que la segunda opción sea utilizada con carácter obligatorio en Guatemala, dado que la normativa AASHTO se ha convertido de uso tradicional, donde ya no aplica la opción Standard.

Los diseñadores de puentes en Guatemala han utilizado el método AASHTO Standard por mucho tiempo, siendo un método muy práctico, pero desactualizado conforme a las normas AASHTO LRFD de aplicación en los Estados Unidos.

Resulta relevante presentar normas actualizadas para mejorar el diseño de la superestructura de los puentes, la norma AASHTO LRFD es la más actualizada y aplicable para concreto reforzado, acero, presforzados u otros. Para el efecto se desarrolló el diseño de un puente de 20.00 metros de longitud de concreto armado, obteniendo luego de su análisis, resultados de mayor confiabilidad, que los obtenidos con las normas AASHTO STANDARD, por lo que se orientará al lector en la aplicación de un recurso informático como el CSI Bridge, a través de un proceso ilustrativo para demostrar la introducción de datos y generación de resultados.

## Palabras clave

Diseño, puentes, factores de carga

## Summary

In the present document develops the design of a 20,00 meter long bridge, comparing two methodologies; The first with traditional methodology using standards Standard AASHTO and the second using standards AASHTO intervening LRFD the allocation of resources Information-Technology. It is proposed that the second option be used with obligatory character in Guatemala, granted that the ground rules AASHTO has become converted of traditional use,



Elioth Vinicio Santiago Gómez  
Ingeniero Civil

elioths@yahoo.com

MSc. Ing. Max Fernando Schwartz  
Guzmán

Maestro en Ingeniería Sanitaria  
ingmaxschwartz@yahoo.com

Where he no longer applies the Standard option. The designers of bridges in Guatemala have used the method Standard AASHTO for a long time, being a very practical method, but outdated conform to the standards AASHTO LRFD of application in the United States. It proves to be relevant to present updated standards to improve the design of the superstructure of the bridges, being the standard AASHTO LRFD the more ones updated and applicable for reinforced concrete, steel, presforzados or other ones. For the effect developed the design of a 20,00 meter long bridge of concrete layout, obtaining right after your analysis, results of bigger reliability, than the obtained with the standards STANDARD AASHTO, so it will orient the reader in the application of a resource computer as CSI Bridge through a process illustration to show the introduction of data and generation of results.

## Keywords

Disign, bridges, load factors

## Desarrollo del tema

El análisis y diseño de un puente, incluye un estudio completo de agentes que intervienen para la consolidación de tres objetivos principales: seguridad, servicio y durabilidad. Considerando los estados límites de condiciones para cada tipo de puente, debido a que las condiciones geológicas, hidrológicas, topográficas, climáticas, de viento y sismo, están establecidas de forma variable para cada caso específico del lugar en donde se ejecutará el puente. De este modo, a través de las especificaciones de la norma AASHTO-LRFD, que emplean la metodología del Diseño por Factores de carga y resistencia LRFD, se realizó el análisis de las demandas y combinaciones de carga en un puente de hormigón armado y considerando: estados límites, factores de carga, demandas, combinaciones de carga.

El diseño por factores de carga y resistencia (LRFD) requiriendo satisfacer la siguiente ecuación:

$$\sum \eta_i \gamma_i Q_i \leq \phi R_n = R_r \quad (1.3.2.1-1)$$

Fórmula general

$Q_i$  una demanda

$\gamma$  factor de carga

$\eta$  factor modificador de carga.

Sumatoria que representa la demandas sobre la estructura debe ser menor o igual a la resistencia en estado límite de los materiales multiplicados por un factor de resistencia, siendo la ecuación que se debe cumplir.

El  $\eta$  factor modificador de carga es otro multiplicador en la demanda y éste depende de la redundancia, ductilidad e importancia de la estructura. Los estados límites están considerados por lo siguiente:

- Estado límite de servicio (SERVICIO)  
Dispone límites de esfuerzos deformaciones y agrietamientos

- Estado límite de fatiga y fractura (FATIGA)  
Dispone la capacidad de llevar los esfuerzos por una cantidad de ciclos esperados de una carga de diseño causado por un vehículo regular.

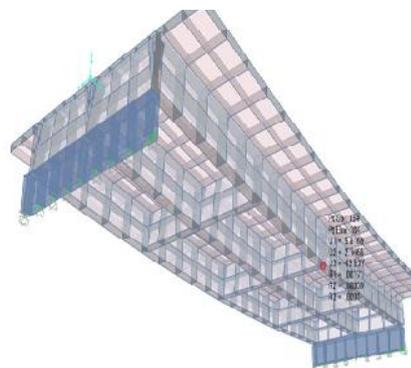
- Estado límite de esfuerzo (RESISTENCIA)  
Dispone la capacidad de llevar los esfuerzos necesarios para mantener la estabilidad de la estructura al ser sometida a condiciones de combinaciones de carga determinadas estadísticamente durante su vida útil.

- Estado límite de evento extremo (Evento Extremo)  
Dispone la capacidad de llevar los esfuerzos

por una cantidad de ciclos esperados de una carga de diseño causado por un vehículo regular.

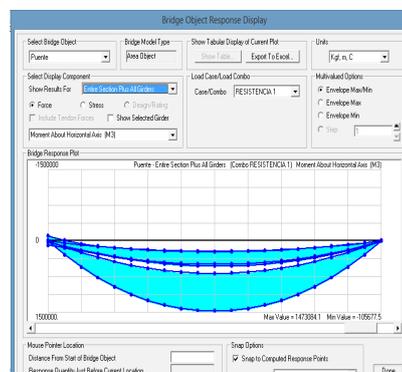
1. Cada estado se compone de factores en cargas y estos son multiplicados y generan una combinación para luego ser aplicado en el análisis de la superestructura del puente. obteniendo su deflexión

Figura 1.



Fuente: modelo con software CSi Bridge. Del estado límite y su combinación de carga se desarrolla el gráfico de diagrama de momentos máximos conforme al tipo de combinación de carga.

Figura 2.



Fuente: modelo con software CSi Bridge.

Comparativo de normas

- La variación de cargas y su probabilidad de ocurrencia simultánea de otros tipos de carga, en donde las ecuaciones se basan en evaluaciones de diferentes combinaciones de carriles, cargados con sus respectivos factores de presencia múltiple (3.6.1.1.2 AASTHO LRFD. 2012) y su intención es considerar el caso más desfavorable posible.

## Resultados obtenidos

¿Cuál es el procedimiento para analizar una superestructura y qué herramientas se pueden utilizar?

- El método LRFD es el recomendado por la AASHTO y se está usando a nivel internacional, ya se publicaron las especificaciones 2012.

¿Guatemala se ha actualizado con normas AASHTO LRFD para el diseño de puentes? Está en proceso, finales del año 2013, la Asociación Guatemalteca de Contratistas de la Construcción a través de una Comisión de Normativas propuso las normas AGIES NSE 5.2-2013 como Guía de diseño de puentes por el método AASHTO LRFD. A través de la Cámara Guatemalteca de la Construcción (CGC) y Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES), cubrieron cuatro capítulos, los cuales son: capítulo 1. Aspectos generales, capítulo 2. Ingeniería básica, Capítulo 3. Presentación de los estudios, capítulo 4. Disposiciones y recomendaciones de cálculo. quedando en una próxima edición el capítulo 5, que comprende puentes de concreto.

¿Cuáles son las diferencias y comparaciones entre normas AASHTO Standard y normas AASHTO LRFD?

- AASHTO Standard es subjetivo y no revela un dato estadístico.

- AASHTO Standard, la resistencia se basa en un comportamiento elástico y homogéneo de materiales

- De lo observado en los resultados de esta tesis para el caso de un puente de concreto armado de 20.00 metros, tramos en vigas internas, externas y de losa, las armaduras determinadas con el método LRFD son en promedio un 14 % menor que las calculadas por el método Standard.

- El AASHTO LRFD requiere muchos datos de estadística que sirvan para hacer ajustes en cada caso.

- La norma AASHTO LRFD especifica los denominados factores modificadores de carga y estos dependen de la ductilidad, redundancia e importancia estructural; factores que modifican el margen de seguridad de los puentes, consideraciones que no son contempladas en la norma Standard.

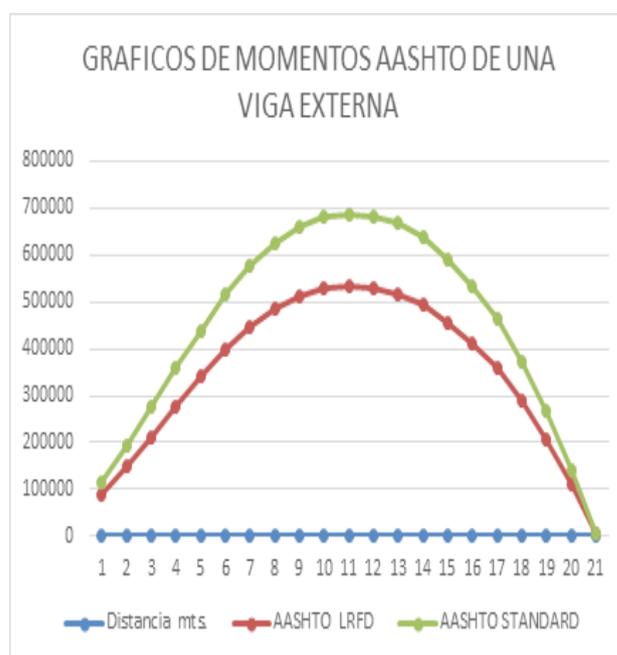
- Debido a las disposiciones de la norma AASHTO LRFD aplica el factor de presencia múltiple considerada al tráfico y lo propuesto del código LRFD contra el Standard, hay una mayor redun-

dancia del tablero, así como mayor contribución del ancho del tablero en la resistencia del puente.

En la hipótesis de la tesis.

- El AASHTO Standard es una forma de trabajo muy práctica, pero un tanto imprecisa. A fin de cuenta la metodología LRFD requiere un cambio radical respecto a la normativa anterior de AASHTO, lo que hace LRFD es incrementar la uniformidad de los márgenes de seguridad, mejora los procesos de diseño con la aplicación de las fórmulas a un amplio rango de tipos de estructuras, aunado un índice de confiabilidad con base en pruebas y resultados, se acercan por factoraciones. Se factora tanto para la carga como para la resistencia, con el fin de lograr un diseño más fino. Para aplicar el LRFD en Guatemala se requiere un entendimiento muy formal de probabilidad y estadística, requiere muchos datos de estadística que sirvan para hacer los ajustes en cada caso. La probabilidad de falla e índice de confiabilidad se presenta como la resistencia que debe ser mayor que la carga, por lo que la probabilidad de falla aparece como:

**Gráfica 1.  $P_f = 1 - P(R < Q)$  (Design of Highway Bridges an LRFD Approach, 2007)**



Fuente: elaboración propia

## Conclusiones

- El análisis de la superestructura de un puente de 20 metros de longitud, de concreto reforzado, bajo las normas AASHTO Standard y LRFD, estableció que al aplicar las normas AASHTO LRFD para el caso de Resistencia I, se mejorará el diseño de la superestructuras considerando

los resultados en un promedio de 14 % menor en

su condición de resistencia contra el otro método, descrito en la discusión de resultados.

2. Los resultados obtenidos con la aplicación de normas AASHTO Standard y LRFD proporcionan marcadas diferencias en el diseño de la superestructura del puente analizado, en donde AASHTO LRFD conforme a los resultados obtenidos para el caso en particular de la superestructura de un puente de 20.00 metros, optimiza el refuerzo, siendo más liviano.

3. De lo observado en las normas AASHTO LRFD, estas presentan una aplicación de las fórmulas a un amplio rango del tipo de estructura. Con esta metodología y toda la teoría se puede diseñar cualquier tipo de puente (sencillo o complejo).

4. El software CSI Bridge como un recurso informático, constituye una herramienta de aplicación para la introducción de datos según AASHTO LRFD, en donde este considera tipos de carga que el anterior método no las consideraba y de la obtención de resultados separa cada tipo de carga, como los estados límites y sus combinaciones de carga, por ser muy útil para el diseñador, se obtiene un criterio técnico para optimizar la generación de resultados.

5. Utilizar el recurso informático como el software CSI Bridge, con el uso de las normas AASHTO LRFD, proporciona al diseñador de puentes una mejor perspectiva del comportamiento del puente en su análisis y diseño durante el proceso de planificación de proyectos viales.

## Recomendaciones

1. Implementar con carácter obligatorio al Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda de Guatemala a través de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica el uso de normas AASHTO LRFD para el diseño de puentes en Guatemala, ya que éste proporciona datos más precisos y con mayor confiabilidad.

2. A los diseñadores de puentes que utilicen un recurso como el CSI Bridge. Además, debe tener el cuidado en la selección del registro de entrada junto a sus dimensiones, para evitar registros que no sean representativos de la zona en estudio.

## Bibliografía

Secretaria de Integración Económica Centroamericana (SIECA), S.D (2010). *Manual Centroamericano de Gestión del Riesgo de Puentes*. Guatemala: Cepredenac.

5 th Edition, A.L (2010) *AASHTO LRD* Estados Unidos: AASHTO

AASHTO LRFD, E.6 (2012). *AASHTO LRFD* 6 th Ed. Estados Unidos: AASHTO

AGIES NSE, N 5,2 (2013). *Propuesta AGIES NSE-5.2-2013 Puentes Guía de Diseño de Puentes por el Método AASHTO LRFD. Normas para el Diseño y Construcción de Puentes 2013*. Guatemala

Computer & Structure (2012). *Bridge Superstructure Design*. USA: Universit Bentley California.

Instituto Americano del Concreto (2011) *ACI 318-11 S*. Estados Unidos: American Concrete Institute.

Puckett, R.M.(2007). *DESIGN OF HIGHWAY BRIDGE AND LRFD APPROACH*. New Jersey: Wiley.

# SEÑALIZACIÓN VIAL PARA ZONAS DE DIFICULTAD EN VISIBILIDAD DE MANEJO Y PROPUESTA DE DISEÑO DE SEÑALIZACIÓN, TRAMO CA-01 ORIENTE, KILOMETRO 85+000 AL 95+000 MUNICIPIO SAN JOSÉ ACATEMPA, JUTIAPA, GUATEMALA

## Resumen

Al transitar por carreteras identificadas por ser zonas de dificultad en visibilidad de manejo por presencia de niebla y neblina, la señalización es una herramienta de ayuda para los conductores, ya que proporciona seguridad y comodidad en los tramos carreteros, con el objetivo de guardar la integridad y vida de los usuarios a través de la comunicación, ordenamiento y restricciones que manifiesta cada tipo de señal.

La señalización vial debe identificarse y visualizarse en la vía en cualquier periodo del día y ante cualquier fenómeno natural. Para ello es necesario tener la mejor reflectividad posible tanto para la señalización horizontal como vertical.

## Palabras clave

Señalización horizontal, señalización vertical, reflectividad.

## Summary

When driving on roads identified as areas of difficulty in driving visibility by presence of fog and haze, the signage is a helpful tool for drivers, providing safety and comfort on the road sections, in order to keep the integrity and users' lives through communication, planning and restrictions that shows each signal type.

Road signs must be identified and displayed on the road at any time of day and to any natural phenomenon. This requires having the best possible reflectivity for both horizontal and vertical signage.

## Key words

Road marking, vertical signs, reflectivity.



Hugo Estuardo Gálvez Villanueva  
Ingeniero Civil  
h.galvez1@hotmail.com

Pedro Baudilio Castro Aguirre  
Maestro en Ingeniería Vial  
pedrocastroaguirre@gmail.com

## Desarrollo del tema

La investigación respecto al tema de señalización vial para zonas de dificultad en visibilidad de manejo, se desarrolló por medio de investigación de campo. La propuesta de diseño para el tramo CA-01 Oriente, kilómetro 85+000 al 95+000 Municipio de San José Acatempa, Jutiapa, se hizo en base a las características propias del tramo en estudio y bajo los requerimientos técnicos de reflectividad que amerita el tramo en señalización horizontal y señalización vertical.

La información obtenida de los libros, manuales, especificaciones técnicas y de las vistas a empresas sirvió para determinar el tipo de reflectividad que debe ser utilizada en la señalización vial para zonas de dificultad en visibilidad de manejo por fenómenos de niebla y neblina.

Se analizaron y se interpretaron planos del alineamiento horizontal y vertical del tramo, que sirvió de herramienta útil para caracterizar el diseño geométrico de la carretera y determinar los estacionamientos de la señalización vertical.

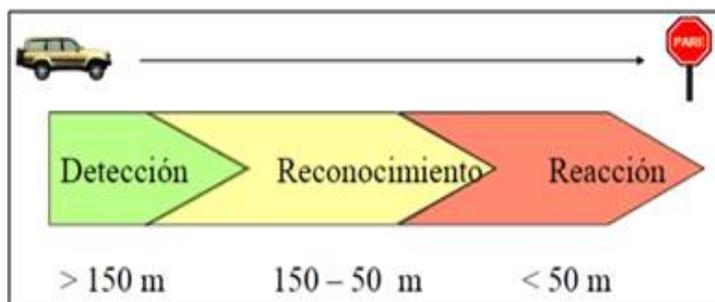
## Resultados obtenidos

Los fenómenos naturales de niebla y neblina afectan a los usuarios cuando transitan por las carreteras del país, afectando directamente la visibilidad y la movilidad en las vías, incrementando los tiempos y costos por viaje. Por estas razones la señalización vial viene a ser un factor útil, fundamental y necesario en las carreteras que se ven perturbadas por dichos fenómenos, ya que viene siendo una medida de mitigación ante tales situaciones, lo que genera impactos positivos en los ámbitos cultural, social y económico.

La señalización es el lenguaje de comunicación entre los usuarios y el tramo carretero, cuyas funciones son comunicar, ordenar y restringir acciones y maniobras que deben realizar los usuarios. Con la señalización se protege la integridad de los usuarios, se disminuyen los accidentes viales y se evitan pérdidas materiales.

La señalización vial debe mostrar todas las características del alineamiento horizontal y vertical del tramo carretero basado en los más altos grados de reflectividad, debido a la reducción de legibilidad de las señales verticales y horizontales en los tramos carreteros por estos fenómenos. La reflectividad es un factor fundamental en la seguridad vial, la distancia de legibilidad se ve afectada por el ángulo de entrada y ángulo de observación, así como el tiempo de reacción ante el mensaje de la señal. Una mayor reflectividad provoca que una señal sea detectada a mayor distancia, se reduce el tiempo de reconocimiento y por lo tanto se obtiene una pronta reacción ante la señal.

**Figura 1. Etapas de un conductor en presencia de una señal**



Fuente: Baeta García (2011), p. 24.

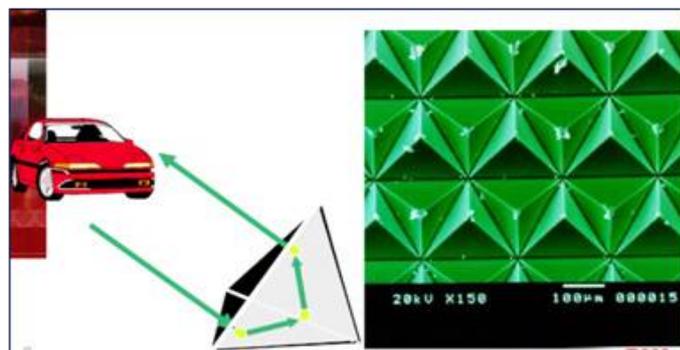
La señalización vial en el ámbito cultural, debe estar diseñada con formas gráficas, se debe evitar el uso de frases o palabras, ya que se limita a ser entendida únicamente por los usuarios que hablan el mismo idioma y no por personas que manejen otros tipos de idiomas. La tendencia que tiene la señalización vial actualmente es que sea reconocida e interpretada a nivel mundial, basada en la utilización de señales

uniformes. Es importante mencionar que otro aspecto que influye en el reconocimiento de la señalización vial cuando se utiliza frases o palabras es que usuarios analfabetos que transitan por la vía, ignoran y no entienden los mensajes que se quiere transmitir.

Al utilizar palabras o frases en la señalización vertical, aumenta el tiempo de reconocimiento un tercio de segundo por palabra utilizada en la señal, por consiguiente se necesita una mayor distancia de legibilidad.

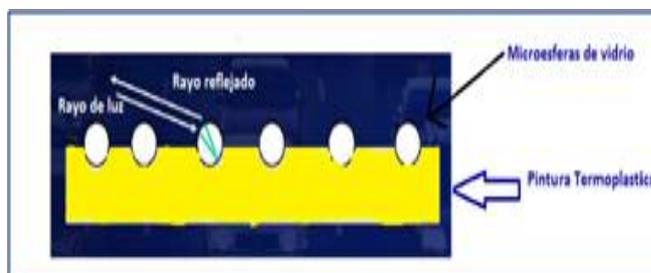
Un nivel alto de reflectividad se obtiene al utilizar microprismas en las láminas de los tableros verticales, lo que genera que las señales sean visibles a cualquier hora del día y principalmente en horas de la noche. Este grado de reflectividad se conoce con el nombre de grado diamante cubo.

**Figura 2. Micro prismas de vidrio**



La reflectividad en señalización horizontal se mejora a través del uso de microesferas de vidrio embebidas dentro de la pintura termoplástica que se utiliza para las demarcaciones longitudinales, así mismo debe utilizarse el uso de vialetas en la demarcación longitudinal de las carreteras.

**Figura 3. Micro esferas de vidrio**



Fuente: elaboración propia.

La ubicación lateral, longitudinal y altura de las señales verticales debe ser la adecuada, ya que son otros factores que afectan la visibilidad de las señales verticales. Estos parámetros deben estar basados por el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito de la Secretaría de Integración Económica Cen

troamericana y también se deben de considerar las particularidades de cada tramo en análisis. Para conservar la reflectividad en buenas condiciones de funcionamiento, debe existir en Guatemala una cultura que contemple un programa de mantenimiento de los dispositivos, administrado por el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, ya que durante el funcionamiento las señales se deterioran por los factores ambientales a las que están expuestas.

## Conclusiones

1. Un sistema de señalización vial utilizado en zonas de dificultad en visibilidad de manejo por presencia de niebla y neblina, debe cumplir con la mayor reflectividad. En señalización vertical, la reflectividad debe ser de tipo grado diamante cubo, cuya lámina es elaborada a base de micro prismas. En señalización horizontal, la pintura debe ser tipo termoplástica, compuestas con micro esferas de vidrio, las mismas deben estar dentro y fuera del espesor de la pintura, ya que es la más reflectiva, durable y efectiva.
2. Los estacionamientos propuestos para la señalización vertical del tramo en estudio fueron determinados en base a una distancia mayor que la distancia mínima, optimizando la distancia de detección y reconocimiento de la señal.
3. Los materiales convencionales utilizados en la señalización vial de Guatemala son de reflectividad baja, en señalización vertical se utilizan láminas a base de micro esferas conocido en el mercado como grado ingeniería.
4. La demarcación de pintura en frío es de uso convencional, de bajo costo y de baja reflectividad utilizada en la red vial de Guatemala. La durabilidad es baja y la reflectividad disminuye con presencia de niebla y lluvia.
5. La reflectividad de grado ingeniería es la más baja que existe en el mercado y de bajo costo, mientras que el grado diamante cubo es la más alta y de mayor costo. La diferencia que causa el grado de reflectividad radica en la utilización de micro esferas y micro prismas en los tableros, produciendo en que a un mismo flujo de luz conocido como iluminancia produzca una mayor luminancia.

## Recomendaciones

1. Para obtener una mayor reflectividad en las demarcaciones horizontales en el pavimento

se recomienda utilizar una mayor densidad de micro esferas de vidrio, ya que con el flujo vehicular ocurren desprendimientos de las micro esferas.

2. Se debe evitar la utilización de palabras en señales verticales, ya que esto reduce el tiempo de reacción debido al tiempo de lectura por el conductor. Se recomienda la utilización de iconos o figuras graficas de tipo universal para que pueda ser interpretado con mayor facilidad.
3. Las señales verticales deben ser utilizadas en todo cambio del alineamiento horizontal y vertical de los tramos carreteros, deben ser ubicadas con suficiente anterioridad al aspecto que se quiere comunicar, para que el tiempo de reacción sea el suficiente para realizar la maniobra.
4. El grado de reflectividad debe mantenerse a lo largo de la vida útil de los proyectos, por lo que debe implementarse un programa de mantenimiento preventivo y rutinario de la señalización vertical, ya que con el tiempo se reduce el grado de reflectividad, debido a la exposición ambiental. En caso de la señalización horizontal se suma a los factores anteriores el paso de los vehículos sobre la misma.

## Referencias Bibliográficas

- Baeta García, D. (2011). *Teoría de la reflectividad*. Venezuela: Universidad Metropolitana CENDECO.
- Bañón Blázquez, L., & Beviá García, J. (2000). *Manual de carreteras. Tomo I. Elementos y proyecto*. España: Ortiz e hijos, contratista de obras, S.A.
- Dexter, J. C. (s.f). *La señalización vial: de los conceptos a la práctica*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Durán Ortiz, M. R. (2000). *Manual Centoamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito, Catálogo de señales verticales*. Guatemala: Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA).
- Ministerio de transporte. (2004). *Manual de señalización vial. Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorutas de Colombia*. Colombia: Ministerio de transporte.

# ANÁLISIS DE AGREGADOS GRUESOS PARA LA FABRICACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS, EN EL DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO



José Rodolfo Herrera Noriega  
Ingeniería Civil  
herrera\_noriega@hotmail.com

MSc. Damaris Noemí Monzón  
Ingeniería Civil

## Resumen

En esta investigación se analizó la calidad de los agregados gruesos que se producen en la cabecera departamental de Quetzaltenango y el aporte de estos a la resistencia final del concreto, ya que poseen grandes diferencias con respecto a su calidad y se les da un uso general en las obras de ingeniería. La importancia de hacer un estudio de la calidad de los diferentes agregados gruesos permite verificar cuáles son los que cumplen con las especificaciones para construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos y aptos para la construcción de pavimentos de concreto hidráulico. Para el desarrollo de esta investigación se realizaron pruebas de laboratorio para conocer cada una de las propiedades de los agregados gruesos también se contó con personal del Centro Tecnológico de Cementos Progreso (CETEC) y el equipo de laboratorio especial para realizar los especímenes y ensayos a compresión.

Los resultados de las pruebas de laboratorio permitieron dar a conocer cuáles son los agregados gruesos que cumplen con las especificaciones requeridas y el aporte de estos al concreto para alcanzar la resistencia mínima requerida para pavimentos rígidos.

Directorate General of Roads and suitable for the construction of hydraulic concrete pavement. For the development of this research laboratory to meet each of the properties of coarse aggregates and staff had Cementos Progreso Technology Centre (CETEC) and equipment to perform special laboratory specimens and compression tests were performed.

The results of laboratory tests allowed to make known what coarse aggregate that meet the required specifications and the specific contribution of these are to reach the minimum strength required for rigid pavements.

## Palabras clave

Abrasión, tenacidad, dureza, máquina de los ángeles, densidad, granulometría.

## Keywords

Abrasion, tenacity, hardness, machine angels, density, granulometry.

## Abstract

In this research the quality of coarse aggregates produced in the departmental capital of Quetzaltenango and the contribution of these to the final strength of the concrete as they have major differences with regard to their quality and are given a general application in the analyzed engineering works. The importance of a study of the quality of different coarse aggregates can check which ones meet the specifications for road and bridge construction of the

## Introducción

La calidad y resistencia de un concreto dependen de los agregados que se utilicen para su fabricación. En Quetzaltenango se producen cinco tipos de agregados gruesos que son utilizados para la construcción de pavimentos rígidos. Es importante conocer la calidad de estos agregados y el aporte de los mismos al concreto utilizando una misma fórmula de trabajo (1:2:2), ya que se deduce que algunos de estos no son de buena calidad para su uso en pavimentos de concreto hidráulico,

por el desgaste que sufren los mismos al estar sometidos al paso constante de cargas de tránsito.

Al utilizar materiales inapropiados en la construcción de pavimentos se limita el período de vida útil y la comodidad de los usuarios de la red vial. Por las razones expuestas se considera importante realizar un estudio que permita dar a conocer cuáles son los agregados gruesos adecuados para la fabricación de estos pavimentos y mejorar la calidad de la red vial del departamento.

También se realizó un análisis respecto a las granulometrías de los agregados gruesos disponibles en el departamento, para verificar si existen los tamaños apropiados para la construcción de pavimentos de concreto hidráulico.

## Desarrollo del tema

Para llevar a cabo esta investigación se realizó un trabajo de campo que inició desde la recopilación de los diferentes agregados gruesos que se producen en el departamento de Quetzaltenango, los cuales fueron proporcionados por cada uno de los productores. Entre estos se pueden mencionar el piedrín azul, piedrín negro, piedrín rosado, piedrín de río y piedrín base triturada.

Posteriormente se realizó un estudio de los agregados gruesos estableciendo las características de cada uno de estos por medio de las diferentes pruebas de laboratorio, entre las cuales se pueden mencionar: la prueba de humedad, absorción, contenido de materia orgánica, pasa tamiz 200, masa unitaria compactada, masa unitaria suelta, resistencia a la abrasión y porcentaje de partículas planas y alargadas.

Además, se realizaron mezclas de concreto con cada uno de los diferentes agregados gruesos, utilizando una misma fórmula de trabajo (1:2:2) para conocer el aporte de estos a la resistencia final del concreto y establecer cuales son aptos para un uso en pavimentos. Se elaboraron 20 especímenes de concreto a cargo de personal del Centro Tecnológico del Cemento y Concreto de Cementos Progreso; cuatro de cada mezcla, para ser ensayados a compresión a los 7 y 28 días. El trabajo de campo se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa OCCIMIX y los ensayos a compresión en la planta Mixto Listo Salcajá.

Para la elaboración y curado de los testigos de concreto se utilizó como referencia la norma ASTM C-31 de la Asociación Americana de Ensayos de Materiales.

## Resultados obtenidos

Las pruebas de laboratorio demostraron ampliamente que únicamente el piedrín azul y el negro cumplen con las especificaciones para construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos, resaltando entre ellas su resistencia a la abrasión, lo cual da un parámetros de ser partículas de buena calidad que tengan la capacidad de aportar una buena resistencia al concreto.

**Tabla 1. Propiedades de los agregados gruesos de Quetzaltenango 2015**

|   | PIEDRÍN NEGRO | PIEDRÍN AZUL | PIEDRÍN ROSADO | PIEDRÍN DE RÍO | BASE TRITURADA | SEGÚN NORMA DE LA DGC |
|---|---------------|--------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|
| Absorción (%)                                 | 2.07          | 2.80         | 12.5           | 6.89           | 8.32           | ≤ 5                   |
| Humedad (%)                                   | 1.10          | 1.20         | 4.59           | 2.39           | 3.48           | ≤ 1.5                 |
| Materia Orgánica (Color)                      | 0.00          | 0.00         | 0.00           | 0.00           | 0.00           | ≤ 5                   |
| Pasa Tamiz 0.075mm (%)                        | 1.30          | 1.30         | 1.30           | 1.30           | 1.30           | ≤ 1.5                 |
| Peso Específico                               | 2.65          | 2.60         | 6.34           | 4.48           | 5.18           | ≤ 5                   |
| Masa Unitaria Compactada (Kg/m <sup>3</sup> ) | 1508.00       | 1465.00      | 1043.12        | 1349.00        | 1165.23        | 1200 - 2000           |
| Masa Unitaria Suelta (Kg/m <sup>3</sup> )     | 1352.00       | 1376.00      | 1127.00        | 1462.00        | 1294.58        | 1200 - 2000           |
| Resistencia a la Abrasión (%)                 | 34.00         | 38.00        | 54.00          | 44.00          | 47.89          | ≤ 40                  |
| Partículas planas y alargadas (%)             | 0.00          | 0.00         | 0.00           | 0.00           | 0.00           | ≤ 15                  |

Fuente: elaboración propia.

Respecto a los agregados gruesos que no cumplen con las especificaciones de la DGC, se determinó que son partículas muy porosas, con un alto porcentaje de absorción y sufren la desintegración de sus partículas al ser sometidas a la prueba de abrasión en la máquina de los ángeles.

Al determinar que son partículas que se desintegran fácilmente, no son aptas para uso en pavimentos de concreto hidráulico debido al paso constante de las cargas vehiculares, lo cual provoca la fracturación de las losas de concreto.

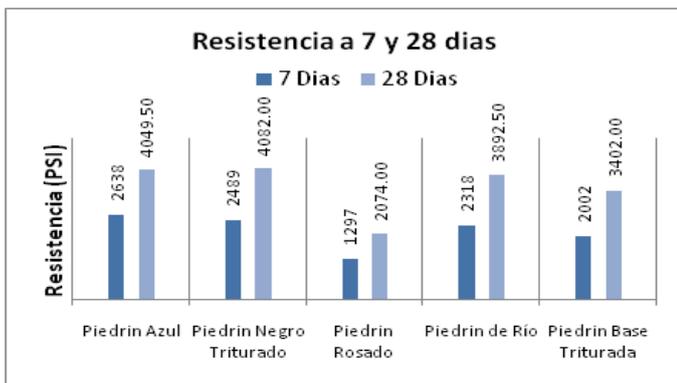
Con respecto a las mezclas que se realizaron para determinar el aporte de los agregados gruesos al concreto, es determinante mencionar que se alcanza la resistencia mínima de 4000 Psi para pavimentos de concreto hidráulico utilizando los agregados que cumplen con las especificaciones de la DGC.

**Tabla 2. Resistencia a compresión del concreto utilizando agregados gruesos de Quetzaltenango**

| Agregado               | 7 DIAS                        |                               |                            | 28 DIAS                       |                               |                            | Lugar que ocupa |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------|
|                        | Resistencia espécimen 1 (PSI) | Resistencia espécimen 2 (PSI) | Resistencia promedio (PSI) | Resistencia espécimen 1 (PSI) | Resistencia espécimen 2 (PSI) | Resistencia promedio (PSI) |                 |
| Piedrín azul           | 2595                          | 2681                          | 2638                       | 3977                          | 4122                          | 4049.50                    | 2º              |
| Piedrín negro          | 2514                          | 2463                          | 2489                       | 4067                          | 4097                          | 4082.00                    | 1º              |
| Piedrín rosado         | 1267                          | 1327                          | 1297                       | 1505                          | 2643                          | 2074.00                    | 5º              |
| Piedrín de río         | 2243                          | 2393                          | 2318                       | 3824                          | 3961                          | 3892.50                    | 3º              |
| Piedrín base triturada | 1972                          | 2032                          | 2002                       | 3146                          | 3658                          | 3402.00                    | 4º              |

Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 1. Resultados de resistencia a compresión a 7 y 28 días.**



Fuente: elaboración propia.

Al momento de realizar el ensayo a los 7 días, el concreto debió haber cumplido con el 50% de su resistencia de diseño (4000 PSI); Se observó que cuatro de los agregados gruesos en análisis cumplieron con ese requerimiento, siendo el piedrín azul el que aportó una mejor resistencia a dicha edad.

Mediante los ensayos de laboratorio realizados a los 28 días, se determinó la resistencia final del concreto, la cual se indica en la figura 1; donde se observa que el agregado grueso que aportó una mejor resistencia al concreto es el que se conoce como piedrín negro, seguido por el piedrín azul, piedrín de río y finalmente el piedrín base triturada y piedrín rosado.

También se determinó que en la cabecera departamental de Quetzaltenango no existe una granulometría adecuada de los agregados gruesos para la fabricación de pavimentos rígidos, ya que se produce como tamaño máximo 1" y para este tipo de proyectos se requieren agregados entre 1 1/2" y 2" para que sea mayor la resistencia que aportan al concreto.

Es importante dar a conocer el aporte de este trabajo de investigación a los diferentes sectores sociales, económicos y empresariales, debido a que se determinó que únicamente dos agregados gruesos cumplen con la calidad requerida por la DGC, razón por la cual se debe exigir el uso de este tipo de agregados gruesos para la construcción de pavimentos rígidos y generar la comodidad de todos los usuarios de la red vial, teniendo carreteras en buen estado que no generen daños a los vehículos que circulan por las mismas.

Utilizando los agregados que cumplen con las especificaciones requeridas por la DGC, las obras tienden alcanzar su periodo de vida útil, evitando los mantenimientos periódicos que las carreteras requieren a corto plazo y aprovechando al máximo los recursos asignados a la red vial del departamento para ejecutar otros proyectos.

Los resultados finales de las pruebas de laboratorio establecen que el mejor piedrín para pavimentos rígidos es el que se conoce como piedrín negro; a pesar de no tener una mejor resistencia en los ensayos realizados a los siete días.

El concreto donde se utilizó piedrín azul alcanzó la segunda mejor resistencia por lo que también se considera apropiado para la fabricación de pavimentos rígidos.

Con respecto al uso de los agregados gruesos, se observa que se utiliza en mayores cantidades el piedrín rosado para la fabricación de pavimentos de concreto hidráulico, debido a su fácil obtención y bajo precio de venta, pero tiene la desventaja de ser un material que no cumple con las especificaciones de la DGC.

Por las razones expuestas anteriormente, se considera un pavimento de buena calidad y favorable en su economía, donde se utiliza piedrín negro triturado.

El piedrín de río y base se puede mencionar que no son apropiados para un uso en pavimentos, ya que son piedrines que sufren desgaste al momento de ser sometidos al paso constante de las cargas de tránsito.

## Conclusiones

1. Únicamente dos agregados gruesos procedentes de la cabecera departamental de Quetzaltenango, cumplieron con las especificaciones requeridas por la Dirección General de caminos y la norma ASTM C-33 (AASHTO M 80), los cuales se conocen como piedrín negro y pie-

drín azul producidos en las empresas Asfaltera de Occidente y Agregados de Centroamérica.

2. Se logró determinar mediante la ejecución de pruebas de materiales cada una de las propiedades físicas de los diferentes agregados gruesos, estableciendo que únicamente el pedrín negro y pedrín azul poseen características apropiadas para un uso en pavimentos de concreto hidráulico.

3. En los puntos de trituración de agregados gruesos que existen en la cabecera departamental de Quetzaltenango, el tamaño máximo que se produce es de 1" y es el que utilizan para la construcción de pavimentos de concreto hidráulico, lo cual afecta la resistencia a compresión del concreto utilizado en pavimentos, ya que para este tipo de trabajos se recomienda utilizar agregado grueso hasta de 1 ½" o 2".

4. Los resultados de resistencia a compresión indican que utilizando una misma fórmula de trabajo (1:2:2 cemento, arena, pedrín) para las mezclas con pedrín negro y azul se logra alcanzar la resistencia mínima requerida para la construcción de carpetas rígidas (4000 PSI).

## Recomendaciones

1. Utilizar agregados gruesos de 1 ½" y 2" para pavimentos de concreto hidráulico.

2. Evitar el uso de pedrín rosado, de río y de base triturada, debido a que poseen características de mala calidad que afectan la resistencia final del concreto.

3. Que los productores de agregados gruesos mejoren el control de calidad en la producción, tanto en la explotación como en el manejo durante la trituración de los mismos.

4. La versatilidad de esta herramienta ODM, permite pronosticar ventas por cliente, región, vendedor, se aconseja hacer uso de ODM para dar un seguimiento personalizado y puntual. Sacar provecho de otras aplicaciones de ODM como fraude de clientes, fidelización del cliente, entre otros.

## Bibliografía

1. American Society of Testing Materials. (2009). *Práctica estándar para la fabricación y curado en campo de especímenes de concreto para su ensayo.*

2. Instituto del Cemento y el Concreto de Guatemala. (2010). *Manual de Normas a Realizar al Concreto Fresco.* Guatemala.

3. Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto. (2009). *Pavimentos de Concreto Hidráulico.* México.

4. Montejo, A. (2010). *Ingeniería de Pavimentos.* (3ra. Edición). Colombia.

5. Caballeros, C. (2007). *Evaluación de Pavimentos de Concreto Hidráulico.* Monterrey.

# CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS EN LA CONSTRUCCION DE 200 M DEL TÚNEL DE LA MINA “ESCOBAL”, EN EL NIVEL 1265, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LASFLORES, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA, GUATEMALA.

## RESUMEN

En la planificación, desarrollo y construcción de obras subterráneas, se necesita conocer a detalle el estado del macizo rocoso intervenido, ya que cualquier carencia de información puede derivar en un evento desafortunado, tanto para el proyecto como para la vida de los trabajadores que intervienen en dichas actividades.

En el caso de la Mina Escobal, ubicada en el Municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala, se encontraron problemas de estabilidad derivados de la falla geológica que atraviesa la zona mineralizada y acumula presencia de agua, lo que debilitó el macizo en una zona puntual, ubicada en el nivel 1265 del túnel en desarrollo.

Los elementos faltantes en la información recolectada por la mina, han sido determinantes y detonantes del problema que afecta el área antes mencionadas, por lo que se planteó una nueva evaluación geotécnica, que complementará los vacíos en la información y así elaborar el diseño del sostenimiento adecuado para la zona de falla, que ha detenido el avance en dicho frente de trabajo.

Los estudios previos al desarrollo de una obra de tan gran envergadura, son vitales para evitar caer en el estancamiento de la misma, y tal como muestra la presente investigación, existen ensayos *in situ* con los que se pueden tomar decisiones en campo, previo a su análisis de diseño.

## Palabras Clave

Geotécnica, macizo rocoso, falla geológica, RQD, RMR, Q de Barton, túnel, obra subterránea, Mina Escobal.

## Abstract

In the planning, development and construction of underground works, one needs to know in detail the state of rock mass intervened, as any lack of information can lead to an unfortunate event, both for the project and for the life of workers involved in such activities.

In the case of the Escobal mine in the municipality of



Luis Enrique Contreras Illera  
Ingeniero de Minas  
lecoi61@yahoo.es

Julio Roberto Luna Aroche  
Maestro en Ciencias con especialización en Geología  
jlunaarocha@yahoo.com

San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala; stability problems arising from the geological fault that runs through the mineralized zone and the presence of water accumulates met, weakening the massif in a timely retreat, located at 1265 level tunnel development.

The missing elements in the information collected by the mine, have been decisive and triggers the problem that affects the aforementioned area, so a new geotechnical evaluation, to complement the loose ends on the information and thus produce raised design adequate support for the fault zone which has halted progress on that front work.

Prior to the development of a work of such large-scale studies are vital to avoid falling into the stagnation of it, and as this research shows, there in situ tests with which decisions can be made in the field, prior to design analysis.

## Keywords

Geotechnics, rock mass, geological fault, RQD, RMR, Q Barton, tunnel, underground works, Mina Escobal.

## Desarrollo del tema

Se realizó un análisis de la geología regional, para determinar el comportamiento del macizo rocoso como una estructura general, para luego trasladar la investigación a una geología local, donde se

describen cada una de las formaciones geológicas con las respectivas características litológicas que se encuentran en el espacio de desarrollo de la mina.

Una vez identificado lo anterior se describe la geología estructural que se encuentra en el desarrollo del proyecto, donde se analizan los principales eventos geológicos encontrados, tales como fallas, predominancia de las mismas, presencia de agua en el avance de los túneles y por ende en el macizo rocoso, material de relleno de las fracturas o diaclasas, comportamiento del macizo rocoso y demás factores que intervienen en la estabilidad de los túneles que se construyen.

Toda la información antes mencionada, sirve como base para determinar los parámetros geotécnicos aplicables a la zona puntual del túnel que se encuentra causando problemas, ya que como se mencionó al inicio del presente artículo, la falta de información puede causar serias consecuencias en la obra en desarrollo.

Así mismo, como un valor agregado a la investigación se analizó el sistema de sostenimiento utilizado, el modelo de la malla de perforación,

carga y voladura, junto con el manejo del agua subterránea que se encuentra en el avance del túnel.

## Resultados obtenidos

Los resultados del RQD que se presentan en la Tabla 1, fueron tomados a cada 10 m del túnel en el nivel 1265, donde se realizó el estudio.

La calidad de roca excelente que son los datos 17, 18, 19 y 20, no se toman en cuenta en el estudio, ya que este tipo de roca no necesita sostenimiento y posee la capacidad de auto sostenerse. Por simple apreciación de la Tabla 1, se puede determinar que efectivamente los parámetros necesitan intervención, ya que la calidad de la roca en general es mala o muy mala

**Tabla 1. Valores del RQD**

| No. | Valor RQD | Tipo de roca |
|-----|-----------|--------------|
| 1   | 53        | Regular      |
| 2   | 89        | Buena        |
| 3   | 47        | Mala         |
| 4   | 40        | Mala         |
| 5   | 11        | Muy mala     |
| 6   | 29        | Mala         |
| 7   | 57        | Regular      |
| 8   | 39        | Mala         |
| 9   | 10        | Muy mala     |
| 10  | 56        | Regular      |
| 11  | 70        | Regular      |
| 12  | 10        | Muy mala     |
| 13  | 12        | Muy mala     |
| 14  | 55        | Regular      |
| 15  | 54        | Regular      |
| 16  | 79        | Buena        |
| 17  | 100       | Excelente    |
| 18  | 93        | Excelente    |
| 19  | 93        | Excelente    |
| 20  | 96        | Excelente    |
| 21  | 86        | Buena        |
| 22  | 50        | Mala         |
| 23  | 53        | Regular      |

Fuente: elaboración propia

Para el valor RQD del macizo rocoso de los 200 m estudiados la calidad del mismo se encuentra comprendida como una calidad muy mala, mala y regular y se debe tratar de manera general como un macizo de mala calidad y utilizarse un sostenimiento adecuado al mismo.

El valor general del RMR del macizo rocoso se puede considerar que la calidad es mala y es coherente con el resultado del RQD, lo cual indica que debe utilizarse un sostenimiento adecuado que soporte las presiones de la sección del túnel, para garantizar la estabilidad del mismo.

**Tabla 3. Clasificación de roca y sostenimiento general recomendado.**

| Clase de roca | Tipo de sostenimiento recomendado   |
|---------------|---|
| Roca buena    | Bulonado sistemático cada 2.5 m, con electro malla,                               |
| Roca regular  | Bulonado sistemático cada 2 m con hormigón lanzado 0.04 - 0.10 m y electro malla. |
| Roca mala     | Hormigón lanzado con fibras 0.05 -0.09 m y bulonado cada 1.5 m con electro malla. |

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 2. Valor RMR**

| No. | Valor RMR | Tipo de roca |
|-----|-----------|--------------|
| 1   | 66        | Buena        |
| 2   | 57        | Regular      |
| 3   | 44        | Regular      |
| 4   | 33        | Mala         |
| 5   | 44        | Regular      |
| 6   | 62        | Buena        |
| 7   | 38        | Mala         |
| 8   | 26        | Mala         |
| 9   | 59        | Regular      |
| 10  | 62        | Buena        |
| 11  | 26        | Mala         |
| 12  | 33        | Mala         |
| 13  | 62        | Buena        |
| 14  | 52        | Regular      |
| 15  | 66        | Buena        |
| 16  | 69        | Buena        |
| 17  | 59        | Regular      |
| 18  | 49        | Regular      |
| 19  | 49        | Regular      |
| 20  | 23        | Mala         |
| 21  | 32        | Mala         |
| 22  | 47        | Regular      |
| 23  | 41        | Regular      |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 3 se describe el tipo de sostenimiento que debe utilizarse para cada una de las calidades del macizo rocoso encontrado en el área de estudio. Con esta investigación se consiguió mejorar la calidad del sostenimiento, garantizando la operatividad de la mina como la vida de los trabajadores

que ingresan al túnel y se minimizaron los costos de sostenimiento optimizando los recursos utilizados.

## Conclusiones

1. Una vez realizado el trabajo de campo y determinado la calidad del macizo rocoso, se describió el tipo de sostenimiento que se debe utilizar, ya que
2. El RQD o calidad de la roca *in situ* y el estudio de los núcleos de perforación en el nivel 1265, se pudo establecer que se presentaban tres tipos de roca, mala, regular y buena calidad. El RMR o calidad del macizo rocoso establecido *in situ*, midiendo el fracturamiento, la familia de discontinuidades, la presencia o ausencia de agua, la rugosidad de las fracturas, el rumbo y buzamiento de las fracturas, se pudo determinar que se presentaban tres tipos de macizo rocoso, los cuales concuerdan con los del RQD.
3. La presencia de agua en el macizo rocoso se encontró disminuida, ya que la empresa minera San Rafael, abatió el acuífero profundo mediante la construcción de pozos profundos y evacuación a la superficie del agua. Así mismo, con los niveles inferiores que se encuentran avanzando, el agua se va concentrando en esta parte y se evacúa mediante bombas de succión a superficie.
4. En la valoración del Q de Barton, se encontró que para los macizos rocosos de calidad de roca mala, se debe utilizar un sostenimiento con bulones o pernos de anclaje tipo súper suelex, con espaciamiento de 1 m a 1.5 m, con hormigón lanzado con fibra, de 0.05 m a 0.09 m de espesor y electro malla. Para macizos rocosos de calidad regular el sostenimiento recomendado es la utilización de bulonado o pernos de anclaje tipo suelex, espaciados cada 2 m, con electro malla y concreto lanzado de 0.04 a 0.10 m de espesor. Para macizos rocosos de calidad buena el sostenimiento recomendado es la utilización de bulonado o pernos de anclaje tipo suelex, espaciados cada 2 m con electro malla.
5. El fracturamiento se encuentra en su mayoría con una dirección este – oeste y donde está muy fracturado se recomienda realizar un sostenimiento inmediato, con bulones o pernos de anclaje tipo súper suelex distanciados cada 1 m, electro malla y concreto lanzado con fibra y de espesor 0.04 m a 0.09m
6. La malla de perforación y voladura que se debe utilizar es la de tipo triangular, distanciado cada barreno a 1 m, con los mismos microretardos y carga.

## Recomendaciones

1. Utilizar un tipo de sostenimiento de acuerdo a la calidad del macizo rocoso, siguiendo las consideraciones geotécnicas presentadas en la presente investigación.
2. En la construcción del túnel en el nivel 1265 se deben realizar los estudios geotécnicos en cada metro de avance del túnel, para evitar incidentes como derrumbes y puedan ocasionar pérdidas de vidas y equipo.
3. Al momento de encontrar agua en el macizo rocoso se debe tener mucho cuidado con la interpretación y recomendación de sostenimiento y la malla de perforación y voladura a utilizar, los controles de abatimiento del acuífero deben ser permanentes para garantizar que las condiciones de trabajo sean las óptimas en el proceso.
4. Utilizar el concreto recomendado con fibra y con los espesores indicados, junto con los refuerzos propuestos.
5. Continuar con el control geológico estructural con el fin de identificar cuñas o bloques que puedan colapsar.
6. El sostenimiento recomendado es para la zona estudiada y no se puede generalizar su utilización, ya que el parámetro lo indica es la calidad del macizo rocoso.

## Bibliografía

- Empresa Minera San Rafael. (2014). *Estudios de calidad de roca*. San Rafael Las Flores, Santa Rosa.
- Minera San Rafael. (2010). *Estudio Geológico Empresa Minera San Rafael, Santa Rosa*. San Rafael: Tahoe Resource Inc.
- Robles Espinoza, N. (1994). *Excavación y sostenimiento de túneles en roca*. Lima: Concytec.
- González de Vallejo, L. (2004). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Ministerio de Minas y Energía. (Agosto de 2003). *Glosario Técnico Minero*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Minas y Energía.

## SERVICIO DE AGUA, SANEAMIENTO BÁSICO Y SU RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO DEL MILENIO. ESTUDIO DE CASO: SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA.

### Resumen

La Asamblea General de las Naciones Unidas de la que el Estado de Guatemala es miembro, se comprometió en el año 2000 con una agenda de desarrollo que fija objetivos a ser alcanzados en el año 2015. Ésta tomó el nombre de declaración del Milenio y los ocho objetivos allí consignados son conocidos como Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). De los ocho ODM, únicamente la meta 7C que dice "reducir a la mitad, para el año 2015, el porcentaje de personas que carezcan de acceso a agua potable y servicios de saneamiento", del ODM 7 es de competencia municipal, el cual debe impulsar con el apoyo del Instituto de Fomento Municipal y el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

Mediante la investigación, se realizó análisis e interpretación cuantitativa, cualitativa y técnica, de los diversos aspectos de la problemática de los servicios de agua y saneamiento básico en el municipio de Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa.

El Código Municipal, en el Artículo 68, inciso a, establece las competencias propias del municipio, siendo una de estas: abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada, alcantarillado, etc. Por lo que es de suma importancia el análisis realizado, mediante la investigación acerca del cumplimiento de la meta 7C, del ODM 7, para el municipio. También se debe establecer las estrategias de inversión municipal para superar la meta en el año 2015. Para conocer si la meta fue alcanzada, con lo que se estará cumpliendo con la meta a nivel municipal, así contribuir con el logro de la meta, principalmente a nivel nacional.

Los resultados obtenidos en la presente investigación fueron comparados con los datos publicados durante el año 2010, para el municipio en el tercer informe de cumplimiento de los ODM, en Guatemala, en donde se puede observar un avance en cuanto a que la brecha encontrada es de + 1.6% para el tema de agua potable y + 5.06% para el tema de saneamiento mejorado.

### Palabras clave

Objetivos de desarrollo del milenio (ODM), agua potable y saneamiento mejorado.



Frendy Emilio Palma Orellana  
Ingeniero Ambiental  
fremilio@gmail.com

Dr. Norman Octavio Mendoza Domínguez  
Doctor en Ciencia Política con Especialidad en Sociología  
nmendoza01@gmail.com

### Summary

The General Assembly of the United Nations, as to which the State of Guatemala is a member, agreed in 2000 with a development agenda that sets targets to be achieved in 2015. It took the name Millennium Declaration and eight goals contained therein are known as Millennium Development Goals (MDGs). Of the eight MDGs, 7C only goal that says "halve, by 2015, the proportion of people without sustainable access to safe drinking water and sanitation" MDG 7 is local competition, which should boost with support from the Institute for Municipal Development and the Ministry of Public Health and Social Assistance.

Through research analysis and interpretation quantitative, qualitative and technical, of the various aspects of the problem of water and sanitation in the municipality of Santa Cruz Naranjo it was performed.

According to the Municipal Code, Article 68, paragraph a, provides the powers of the municipality, one of these: home supply properly chlorinated drinking water, sewage, etc. So it is very important the

analysis by investigating about meeting the target 7C, MDG 7 for the municipality, and establish strategies of municipal investment to exceed the target by 2015, if the goal has not been achieved, with what will be fulfilling the goal at the municipal level and

contributing to the achievement of the national goal.

The results obtained in this research were compared with published data in 2010 for the municipality in the third report of MDGs in Guatemala, where you can see an improvement in that the gap is found + 1.6% for the theme of water and + 5.06% for improved sanitation issue.

## Keywords

Millennium Development Goals (MDGs), drinking water and improved sanitation.

## Desarrollo del tema

La investigación establece el cumplimiento o brecha que existe en relación a la meta 7C “reducir a la mitad, el porcentaje de personas que carecen de acceso a agua potable y servicios de saneamiento, al año 2015”, del ODM relativo a la “sostenibilidad del medio ambiente”, en el municipio de Santa Cruz Naranjo; y de comprobarse que no ha sido alcanzado, se debe implementar las estrategias de inversión para que la meta establecida sea superada en el municipio.

El estudio que se desarrolló en el presente estudio es una investigación no experimental. Se utilizó un diseño transaccional descriptivo, donde se hizo una medición única en el tiempo de las variables a investigar.

Se investigó el abastecimiento de agua potable y saneamiento básico de los lugares poblados del municipio de Santa Cruz Naranjo, mediante la información de censos oficiales y registro de usuarios que maneja el departamento de agua y saneamiento ambiental de la municipalidad; entrevista dirigida al director municipal de planificación y jefe del departamento de agua y saneamiento ambiental de la municipalidad, obteniendo con ello el % de cobertura y calidad de los servicios de agua y saneamiento mejorado.

La calidad de agua potable y saneamiento mejorado obtenido de datos cuantitativos fue sometido a investigación cualitativa; donde se aplicó una boleta con preguntas predeterminadas a los líderes comunitarios (presidente de COCODE) de los lugares poblados con acceso agua potable y observación directa de los servicios. Además, se realizaron entrevistas guiadas a actores claves del

municipio, siendo estos: el Director del Centro de Salud y el Inspector de Saneamiento Ambiental (ISA) del distrito municipal de salud del municipio. Como aún existe brecha para alcanzar la meta 7C, del ODM 7, se establecieron las estrategias y ac-

ciones de inversión, para que la administración municipal pueda superar la meta planteada para el municipio al año 2015. Para establecer el cumplimiento de las estrategias, se hizo un análisis de la disponibilidad financiera para gastos de inversión en agua y saneamiento con fondos del CODE-DE y transferencias del gobierno central a la municipalidad del municipio de Santa Cruz Naranjo.

## Resultados obtenidos

### 1. Servicio de agua

En el municipio se cuenta con nueve sistemas de agua, seis sistemas son administrados por la municipalidad, y tres sistemas administrados por comités de agua; clorándose el agua en siete de los sistemas. De acuerdo a la oficina de servicios públicos de la municipalidad de Santa Cruz Naranjo hay 1,434 familias registradas en el padrón de agua de la municipalidad y 1,068 familias registradas en el servicio brindado por los comités de agua; de las que 2,268 familias cuentan con acceso a agua potable y 234 familias con acceso a agua entubada.

### Servicio de saneamiento mejorado

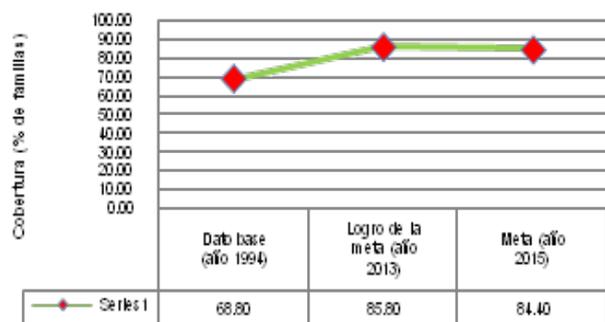
De acuerdo a los registros de la Dirección Municipal de Planificación, el Instituto Nacional de Estadística y el distrito municipal de salud en el municipio de Santa Cruz Naranjo, únicamente las familias de la cabecera municipal cuentan con acceso a drenaje sanitario, careciendo de planta de tratamiento para las aguas servidas. Mientras que en el área rural algunas familias cuentan con inodoro, quienes conectan las aguas servidas a una fosa séptica, y otras descargan las aguas sobre los ríos, zanjones o riachuelos que pasan por las periferias de los lugares poblados.

### 2. Cumplimiento de la meta 7C, del ODM 7

#### Servicio de agua

En el municipio de Santa Cruz Naranjo el 14.2 % de familias no cuentan con acceso a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua. Toman en cuenta que la meta del municipio en materia de agua es aumentar de 68.8 % (1994) a 84.4 % (2015) el porcentaje de hogares con acceso a agua potable, la meta ya fue superada por 1.4 %.

**Gráfica 1. Comportamiento de la meta de acceso a agua potable**

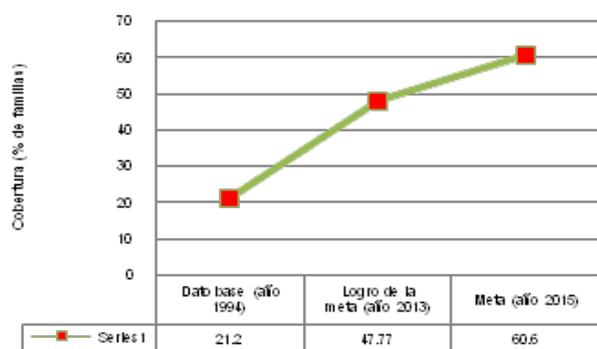


Fuente: elaboración propia.

Servicios de saneamiento mejorado

En el municipio, el 90.21 % de viviendas cuentan con algún tipo de servicio sanitario y tan sólo el 47.77 % tienen acceso a servicios de saneamiento mejorado (conectados a una red de drenajes, a una fosa séptica o con inodoro lavable). La meta del municipio en materia de saneamiento básico es aumentar de 21.2 % (1994) a 60.6 % (2015), por lo que hay aún un déficit de 12.83 % equivalente a 339 servicios por conectar a la red de alcantarillado sanitario.

**Gráfica 2. Comportamiento de la meta de saneamiento mejorado**

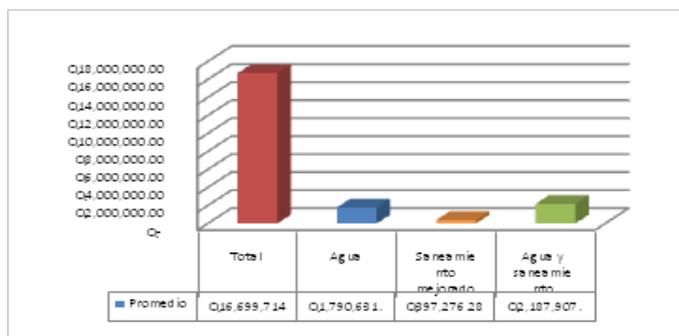


Fuente: elaboración propia.

3. Disponibilidad financiera

En la gráfica 3, se observa la inversión promedio que ha realizado el municipio de Santa Cruz Naranjo con fondos propios y de transferencia del Gobierno central, durante los ejercicios fiscales de los años 2012, 2013 y 2014; por lo que indica que la disponibilidad financiera promedio por año de la municipalidad en la partida presupuestaria de agua y saneamiento mejorado, es de Q 2,187,907.48, lo que representa el 13.10 % del presupuesto total del municipio.

**Figura 3. Disponibilidad financiera promedio ejercicios fiscales 2012, 2013 y 2014**



Fuente: Ejecución presupuestaria de egresos 2012, 2013 y 2014 (Sicoin GL), municipalidad de Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa.

Teniendo en cuenta el historial de inversión del municipio en la función de agua y saneamiento con fondos del CODEDE, la disponibilidad financiera del municipio para la función de agua y saneamiento es del 14.55 % de la inversión total. Lo que se traduce a una disponibilidad financiera de Q. 352 782.86 por año.

4. Estrategias para superar la meta 7C, del ODM 7

El costo de las diferentes estrategias e intervenciones para el logro de la meta 7C, del ODM 7 para el municipio de Santa Cruz Naranjo es de Q. 12 966 143.00 puede obtener los recursos para la implementación de dichas estrategias, obras o actividades a través de:

Generación de ingresos propios

- Cobro de tasas municipales que hagan sostenible el costo de operación y mantenimiento de los servicios públicos.
- Cobro del Impuesto Único sobre Inmuebles (IUSI)
- Transferencias por concepto de situado constitucional.

Gestión de financiamiento de obras de saneamiento ante instituciones nacionales o de cooperación internacional.

- Instituto de Fomento Municipal (INFOM)
- Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI)
- Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ)
- Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA)

**Conclusiones**

1. El 85.8 % de familias del municipio de Santa Cruz Naranjo cuentan con acceso a agua potable, fue superada la meta 7C, de los ODM relacionada al porcentaje de familias con acceso a agua potable.

2. De acuerdo al monitoreo de la calidad de agua realizado, por el distrito municipal de salud de Santa Cruz Naranjo, durante el mes de julio de 2014, únicamente el 50 % de los sistemas de agua del área rural, muestran resultados satisfactorios de cloro residual libre de acuerdo a la norma NTG 29 001.

3. El 47.77 % de familias del municipio cuenta con acceso a servicio de saneamiento mejorado, por lo que existe una brecha de 12.83 % para alcanzar la meta 7C, de los ODM relacionada al porcentaje de familias con acceso de servicio de saneamiento mejorado.

4. La disponibilidad financiera por año para las partidas presupuestarias de agua y saneamiento fue de Q.2,187,907.48 equivalente al 13.10 % del presupuesto de la municipalidad; mientras que la disponibilidad financiera para la función de agua y saneamiento por año es de Q. 352,782.86 equivalente al 14.55 % del presupuesto total al que ha accedido la municipalidad de Santa Cruz Naranjo con fondos del CODEDE, fue bajo comparado al costo de las estrategias de inversión para superar la meta 7C, del ODM 7, para el municipio.

5. La municipalidad de Santa Cruz Naranjo da un subsidio anual de Q. 1,196,702.25 para brindar el servicio de agua potable, que representa el 66.83 % del costo real del servicio.

6. Debido que la meta 7C, del ODM 7, referente al acceso de servicio de saneamiento mejorado no fue alcanzada en el municipio, se establecieron las estrategias de inversión para que el municipio de Santa Cruz Naranjo pueda superar la meta.

## Recomendaciones

1. Instalación de sistemas de cloración en los sistemas de agua del Caserío Llano de la Cruz y aldea El Bosque, para que el 100 % de familias que disponen de agua, cuenten con acceso a agua potable.

2. Realizar el monitoreo sobre la vigilancia microbiológica en los sistemas del casco urbano una vez al mes y en los sistemas del área rural al menos una vez por bimestre; y realizar el monitoreo sobre la vigilancia de cloro residual libre, de los sistemas de agua urbanos, al menos una vez al día y para los sistemas rurales, al menos una vez a la semana, para dar cumplimiento al Acuerdo Ministerial No. 523-2013.

3. Habilitar la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y conexión del sistema de alcantarillado sanitario de aldea Don Gregorio; y

dar seguimiento mediante la planificación, programación y ejecución al estudio de factibilidad del proyecto construcción sistema de alcantarillado sanitario con su respectiva PTAR, aldea El Teocinte, para incrementar el porcentaje de familias con acceso a servicio de saneamiento mejorado.

4. El Concejo Municipal debe dar mayor prioridad al monto de las partidas presupuestarias de agua y saneamiento con fondos propios, de transferencias de gobierno central y fondos del CODEDE, para implementar las estrategias de inversión para el logro de la meta 7C, de los ODM en el municipio de Santa Cruz Naranjo.

5. Incrementar gradualmente el cobro de la tasa municipal por el servicio de agua potable de Q.30.00 a Q.104.06/mes/15m<sup>3</sup>, el cual se debe implementar durante los dos primeros años de cada período de gobierno municipal y proceder a la instalación de contadores del sistema de agua El Naranjo, para medir el consumo de agua por familia.

6. El Concejo Municipal debe implementar las diferentes estrategias de inversión, para que el municipio de Santa Cruz Naranjo pueda superar la meta 7C, del ODM 7.

## Bibliografía

Asamblea General de Naciones Unidas. (2000). *Declaración del Milenio*. (ARES/55/2 del 13 de septiembre de 2000). Recuperado de: <http://www.inmujer.migualdad.es/MUJER/politicas/docs/Declaracion%20del%20Milenio.pdf>.

Decreto número 12 – 2002. *Código Municipal. 09 de mayo 2002 Guatemala*: Congreso de la República de Guatemala.

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2012). *Memoria de Labores. Dirección de Área de Salud (DAS) Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa*. Guatemala: Sistema de Información Gerencial en Salud. Memoria de labores. MSPAS.

Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2010a). *Plan de desarrollo municipal, municipio de Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa*. Guatemala: Dirección de Planificación Territorial.

# GENERACIÓN ELÉCTRICA CON RECURSOS HIDRÁULICOS EN SISTEMAS AISLADOS EN EL ÁREA RURAL

## Resumen

El presente estudio ha sido en forma documental y de tipo descriptivo desde una perspectiva teórica para la implementación de generación eléctrica con recursos hidráulicos con la modalidad de sistemas aislados en las áreas rurales de nuestro país especialmente en la Franja Transversal del Norte (FTN). Región en donde se concentran la mayoría de estas (54.21 %) de las cuales no han tenido la oportunidad de conectarse al Sistema Nacional Interconectado (SNI) y se caracterizan por su difícil acceso, alta dispersión de viviendas, pobreza y pobreza extrema.

De acuerdo a estas circunstancias se propone un sistema de generación de energía eléctrica por medio de pequeñas centrales hidroeléctricas, con distribución a través de micro redes autónomas internas para los centros de consumo (viviendas).

Uno de los principales resultados del estudio ha sido determinar una alternativa viable técnicamente que pueda satisfacer la demanda de energía eléctrica al año 2020 en la FTN, para lo cual ha sido necesario determinar principalmente el potencial hidráulico de la región.

## Palabras clave

Sistema aislado, energía eléctrica, demanda, potencia hidráulica, Franja Trasversal del Norte (FTN) y Sistema Nacional Interconectado.

## Abstract

This study has been in documentary form and descriptive from a theoretical perspective for the implementation of hydraulic power generation resources in the form of isolated rural areas of our country especially in the Northern Transversal Strip (FTN) systems. Region where most of these (54.21%) of them have not had the opportunity to connect to the National Interconnected System (SNI) and are characterized by difficult access, high dispersion of housing, poverty and extreme poverty,

according to focus these circumstances a system of power generation is proposed through small hydro, with distribution through micro autonomous networks for internal consumption centers (homes).

Among the main findings of the study it was to determine technically viable alternative that can meet the demand for electricity by 2020 in the FTN, for which it was necessary primarily to determine the hydraulic potential of the region

## Keywords

Isolated System, Electric Power, Demand, Hydraulic Power, Northern Transversal Strip (FTN) and the National Interconnected System.

En varias regiones del país, especialmente las ubicadas en la Franja Transversal del Norte (FTN), se encuentran en situación de subdesarrollo y pobreza debido a varios factores y entre ellos la falta de energía eléctrica. Actualmente la mayoría de pobladores de estas regiones utiliza aceite, candelas y gas para iluminar las viviendas.



René Alejandro Morales Choc  
Ingeniería Civil  
Morales5491@hotmail.com

MSc. Ing. Hugo Rodas Marotta  
Investigación de Operaciones  
hrmarotta@hotmail.com

**Tabla 1. Zonas rurales aisladas por departamento índices de pobreza**

| DEPARTAMENTO      | ALTA VERAPAZ | QUICHE    | PETEN      | IZABAL | HUEHUETENANGO | BAJA VERAPAZ | SANTA ROSA | SUCHITEPEQUEZ  | SAN MARCOS  | CHIQUIMULA |
|-------------------|--------------|-----------|------------|--------|---------------|--------------|------------|----------------|-------------|------------|
| ZRA               | 763          | 553       | 402        | 277    | 262           | 193          | 140        | 113            | 105         | 100        |
| INDICE DE POBREZA | 54.8         | 81.1      | 59.3       | 52.1   | 77.8          | 71.6         | 62.1       | 53.9           | 86.7        | 49.3       |
| DEPARTAMENTO      | ZACAPA       | ESCUINTLA | RETALHULEU | JALAPA | CHIMALTENANGO | EL PROGRESO  | JUTIAPA    | QUETZALTENANGO | TOTONICAPAN | SOLOLÁ     |
| ZRA               | 84           | 81        | 35         | 65     | 55            | 54           | 36         | 66             | 22          | 16         |
| INDICE DE POBREZA | 43.8         | 35.2      | 57.6       | 72.6   | 57.9          | 54.8         | 63.9       | 60.7           | 85.6        | 76.4       |
| TOTAL             |              |           |            |        |               |              |            |                |             |            |
| 3422              |              |           |            |        |               |              |            |                |             |            |

Fuente: Caracterización de la demanda en las zonas rurales aisladas (2008)

Para mitigar dicha situación este estudio persigue encontrar o aportar una alternativa para poder atender estas poblaciones, con la implementación de proyectos de generación eléctrica con la modalidad de sistemas aislados con recursos hidráulicos, que se encuentran en forma abundante en la región y con ello puedan alcanzar en el mediano plazo un desarrollo y la mejora de calidad de vida de sus habitantes. Guatemala es un país en vías de desarrollo donde una gran cantidad de recursos naturales no han sido explotados, entre los cuales se puede mencionar especialmente el recurso hidráulico el cual según información de las instituciones del subsector eléctrico nacional el potencial, es de 6,000 MW y que en la actualidad solamente se ha utilizado el 17 %, siendo éste un recurso natural que genera energía limpia y lo más importante, que es amigable con el medio ambiente.

**Tabla 2. Potencia de generación eléctrica con Fuentes renovables y no renovables**

| RECURSO                  | ESTIMADO                        | APROVECHAMIENTO                   |
|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Petróleo                 | Reserva de 195,146,605 barriles | Producción de 10,500 barriles/día |
| Gas natural              | No contabilizado                | Sin aprovechar                    |
| Potencial Hidroeléctrico | 6,000 MW                        | Aprovechado un 15%                |
| Potencial geotérmico     | 1,000 MW                        | Aprovechado un 5%                 |
| Potencial eólico         | 280 MW                          | Sin aprovechar                    |
| Potencial solar          | 5.3 KWh/m2/día                  | Utilizado en sistemas aislados    |
| Potencial biomásico      | No contabilizado                | 306.5 MW aprovechados             |

Fuente: Dirección general de hidrocarburos –Ministerio de Energía y Minas-

Como antecedentes de otros proyectos similares a esta investigación y algunos en operación en Guatemala se pueden mencionar: Proyecto microem presas de energía renovable de PNUD/GEF, centrales hidroeléctricas energía solar y fotovoltaica y/o eólica doce proyectos de 1218 servicios y Plan internacional/Fundación Solar un proyecto para veintitrés comunidades con quinientos servicios entre otros

## Desarrollo del tema

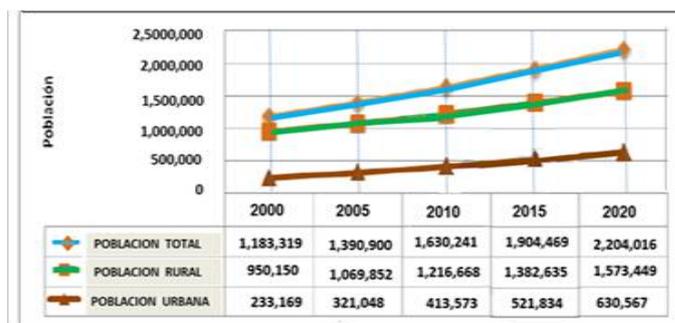
Para poder llegar a alcanzar los objetivos de la investigación se dividió en cuatro fases el estudio: en la fase uno se delimitó el área de la región (FTN) de lo cual se identificó los departamento y municipios donde se ubican las zonas rurales aisladas; en la fase dos, se identificó el recurso hidráulico y/o potencial en la región de acuerdo a la información de los mapas de vertientes y mapas de la cuencas hidrográficas, que influyen hidrológicamente en la región. En la fase tres, se determinó los caudales

medios en cada departamento (Huehuetenango, Quiché, Alta Verapaz e Izabal) los cuales conforman la FTN. En la fase cuatro; de acuerdo a los datos obtenidos de las fases anteriores se llegó a determinar la potencia hidráulica. De lo cual se obtuvo las siguientes conclusiones: para poder satisfacer la demanda necesaria para el año 2020 de energía eléctrica en la región de la Franja Transversal del Norte (FTN) son necesarios 43.75 MW.

De acuerdo al análisis previo y delimitación de las cuencas hidrográficas de influencia en la región se puede percibir que se cuenta con un potencial hidráulico para poder obtener una potencia significativa para atender esa demanda al año 2020.

La estadística utilizada para poder llegar a determinar los objetivos propuestos de la investigación ha sido inicialmente una estadística descriptiva para poder clasificar los datos o valores del recurso y potencial hídrico en la región (FTN) así como el análisis de las fuentes de información propuesta como datos poblacionales de las zonas aisladas, esta diversidad de datos ha generado una serie de tablas y gráficos estadísticos.

**Gráfica 1. Estimación de población en la región de la FTN**



Fuente: Diagnóstico de la Franja Transversal del Norte – SEGEPLAN, (2011)

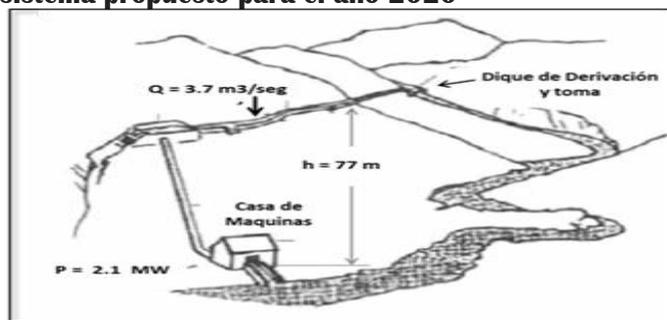
## Resultados obtenidos

De la información de cuencas hidrográficas de Guatemala elaborada por las instituciones INSIVUMEH, MARM y MAGA que incluye todos los mapas hidrológicos de las tres vertientes del Pacífico, del Atlántico y Golfo de México, se pudo determinar las cuencas hidrográficas que influyen en la región delimitada en el estudio y su ubicación en cada uno de los municipios de los cuatro departamentos que la conforman, Huehuetenango, Quiché, Alta Verapaz y Izabal.

Del resumen hidrológico, se ha obtenido el caudal promedio por municipio, el cual adicionado a la caída neta (presión sobre la turbina) obtenida de las características topográficas de la región y el 75 % de eficiencia de la turbina Francis, se obtuvo la potencia hidráulica de la muestra del proyecto ais-

lado propuesto, siendo esta de 2,096,152 Watts equivalentes a 2.1 MW, por cada uno de los sistemas aislados que se implementarían en los veintiún (21) municipios, lo que equivaldría a 44.1 MW que se obtendría para toda la región de la FTN. Se puede mencionar un resultado significativo de este estudio, de la importancia que tendrá a nivel regional por la implementación de este tipo de proyectos, debido a que estos no generarán efectos negativos para el medio ambiente, por la utilización de un recurso renovable como es el agua. A continuación se muestra la siguiente figura donde se puede observar los resultados del sistema aislado propuesto.

**Figura 1. Muestra de los resultados obtenidos para el sistema propuesto para el año 2020**



Fuente: <http://www.construmatica.com/construpedia/>.

Después de haber determinado que sí se puede atender la demanda de energía eléctrica en esta región (FTN), en el aspecto socioeconómico las poblaciones que obtendrían este servicio en el mediano plazo se reflejaría un desarrollo, lo cual darían muchos beneficios tanto en la salud, la educación y posibles fuentes de empleo, con lo cual evitaría la migración a otros centros urbanos.

## Conclusiones

1. Que la modalidad propuesta en la investigación, como un sistema de generación aislado con recurso hidráulico en la región en cada sistema propuesto en los veintiún (21) municipios que conforman los cuatro departamentos de la FTN, se obtuvo una potencia hidráulica de 44.1 MW que podrá satisfacer la demanda al año 2020 que sería del orden de los 43.7 MW. Esa demanda en términos de habitantes equivaldría a 1, 203,173.
2. De los resultados de la investigación se ha determinado un potencial hidráulico en la región de la Franja Transversal del Norte de alrededor de 44.1 MW, la cual puede satisfacer la demanda en un 100 %.
3. Se ha concluido anteriormente que la de-

manda al año 2020, se podrá satisfacer en su totalidad, pero es importante indicar que en términos de centros de consumo (viviendas) contarán con energía eléctrica una cantidad aproximada de 278,750 con un promedio de 5.5 habitantes/vivienda y con un consumo promedio de 200 watt.

## Recomendaciones

1. Que el Programa de Electrificación Rural (PER) que ha reportado en los últimos años índices significativos de electrificación de la forma convencional (conexión a redes de distribución y transmisión del Sistema Nacional de Interconectado) pueda dar cobertura a estas regiones aisladas rurales con la modalidad de sistemas aislados con recurso hidráulico.
2. Realizar proyectos de investigación a partir de la presente, referente a las pérdidas que se generan en las líneas de conducción de agua del tipo de proyecto aislado propuesto especialmente en la diferencia de nivel que determina la carga sobre la turbina, y en las líneas de las redes de distribución interna a los centros de consumo.
3. Formular un proyecto de generación de energía eléctrica con la modalidad de sistema aislado en la región de la Franja Transversal del Norte como un proyecto híbrido (solar-hidráulico), para comparar resultados con el presente estudio.
4. Para la inversión y gestión de estos sistemas aislados, se recomienda sean por parte de cooperativas de electricidad y/o empresas municipales en los municipios donde se establecería dichos sistemas (21).

## Bibliografía

- CNEE. (2008). *Plan de expansión del sistema de transporte y generación de energía eléctrica en Guatemala 2008-2022* <http://www.cnee.gob.gt>
- Enríquez, R. (2008). *Calculo de caudales*. [http://www.academia.edu/3626298/Meto\\_do\\_gumbel\\_calculo\\_de\\_caudales\\_PDF](http://www.academia.edu/3626298/Meto_do_gumbel_calculo_de_caudales_PDF)
- Fundacion Solar.(2008). *Caracterizacion de la demanda de energia en zonas rurales aisladas de Guatemala*.
- Hidrología-Caudales*.(2011). [http://www.ingenioambiental.com/4018/hidrologia%20%20caudales\(2\)\(2\).pdf](http://www.ingenioambiental.com/4018/hidrologia%20%20caudales(2)(2).pdf)
- Segeplan. (2011). *Plan de desarrollo integral de la FTN*. Guatemala.

# MODELO MATEMÁTICO DE DENSIDAD POBLACIONAL DE CERATITIS CAPITATA (WIEDEMANN) Y ANÁLISIS DE LAS CONSECUENCIAS AMBIENTALES PROVOCADAS POR EL MANEJO INTEGRADO DE LA PLAGA

## Resumen

Las plagas provocan daños económicos, sobre todo en un país agrícola como Guatemala. El establecimiento descontrolado de la plaga implica el empleo indiscriminado de métodos de control que permitan regular la densidad poblacional de la plaga aunque sin considerar el entorno ni factores externos, con lo que se degradan suelos, agua y aire continuamente, esto hasta reducir la infestación a niveles controlables por métodos alternos, siendo entonces las aspersiones de cebo intensas en ciertas regiones al encontrar brotes no controlados de la plaga, se emplea un sistema integrado de manejo de plagas, dentro del cual existen diversidad de procedimientos, pero cada ellos no sólo afecta a la plaga, sino a todo el ecosistema, con lo que las soluciones también afectan el entorno, existiendo impactos reales que es necesario mitigar.

En la presente investigación se analizaron los métodos de erradicación de la mosca del mediterráneo *Ceratitidis capitata*, se compararon los diversos impactos generados, logrando reconocer medidas técnicas que permiten reducir el empleo de los métodos de mayor impacto, con lo que, por medio de modelos matemáticos se presentan acercamientos en la mejora de los procesos del sistema integrado de manejo de plagas relacionando diversas variables involucradas en los diferentes métodos de control con lo que se provee de herramientas técnicas que permiten establecer bases para la toma de decisiones y con ello reducir el empleo de aspersiones y la optimización de los procesos alternos que permiten una reducción significativa de la plaga.

## Palabras clave

Impacto ambiental, modelo matemático, mosca del mediterráneo.

## Abstract

The plagues produce economic damage, especially in an agricultural country as Guatemala, the over-excited establishment of the plague implies the indiscriminate employment of methods of control that allow to regulate the population density of the plague though without considering the environment or external factors, and for that there is a degene-



Mariela Lizeth Benavides Lázaro  
Licenciatura en Matemática Aplicada  
mlbenavides19@gmail.com

David Orlando Ávila Vásquez  
Maestro en Protección Vegetal en el Comercio Internacional  
davila.fida@gmail.com

ration of soils, water and air, up to reducing the infestation to controllable levels for alternate methods, being at the time the intense aspersions of fodder in certain regions on having found outbreaks not controlled of the plague, there is used an integrated system of managing integrated by diversity of procedures, but every they don't concerns only the plague, but the whole ecosystem, so bringing solutions to control the species also affect the environment, having real impacts that need to be mitigated.

The following article shows the research of the different type of methods applied in Guatemala to eradicate the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata*, pollutants involved were analyzed in the implementation of pest control and comparison of the various impacts generated they were studied achieving recognize technical measures that reduce the use of methods of greater impact, through mathematical approaches are presented to improve processes integrated pest management system. Relating diverse variables involved in the different methods of control, it provide technical tools that allow to establish bases for making decisions and to reduce the employment of aspersions and the optimization of the alternate processes that allow a significant reduction of the plague.

## Keywords

Environmental impact, mathematics, mediterranean fruit fly, medfly.

## Desarrollo del tema

La presente investigación de maestría es un trabajo de Investigación para la obtención de herramientas para proponer o validar estrategias de control de la plaga que reduzca las consecuencias ambientales producidas por el manejo integrado de la plaga y con ello facilitar la toma de decisiones ante la alerta de frutos dañados por la mosca del mediterráneo.

Uno de los objetivos de la investigación, es describir los procedimientos empleados y las consecuencias ambientales de los métodos del manejo integrado, así como establecer modelos matemáticos de la dinámica poblacional.

Finalmente, se analiza los modelos propuestos para mejorar los métodos empleados en el manejo integrado de la plaga identificando los beneficios ambientales que se obtienen.

Dentro de los beneficios, se destaca la posibilidad de implementar de forma periódica las herramientas propuestas para emplear análisis de datos en la toma de decisiones continuas, logrando una reducción de procedimientos que impliquen problemas ambientales.

## Resultados Obtenidos

Las actividades económicas correspondientes a la agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca a lo largo de los últimos 10 años han representado en promedio el 12% del Producto Interno Bruto (PIB) del país. Siendo entonces, la agricultura una actividad económica importante para la economía nacional, resulta apropiado resaltar la relevancia económica del Programa de acuerdo a la forma en que la plaga afecta los cultivos más importantes producidos en el país.

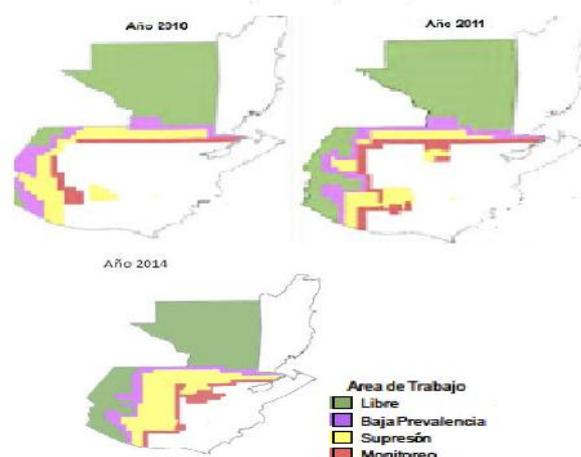
Analizando los principales productos de Guatemala para 2013 se tiene que más del 50% de los productos de mayor importancia son afectados por la plaga, siendo el impacto en las frutas del 100%, la actividad económica en la que se incluyen estos productos representa en el producto interno bruto (en millones de quetzales) un ingreso importante, y analizando únicamente la producción de banano y café estas representan un valor mayor a los gastos presentados en la estimación del presupuesto para los años analizados, mostrando la importancia económica de mantener la vigencia del programa, así como de mejorar los procedimientos actualmente empleados.

Dada la importancia económica del programa, es necesario tanto enfocarse en el empleo adecuado de los

recursos para optimizar el empleo de equipo y en forma paralela a esto reducir los impactos ambientales

de las aspersiones, que como se presenta en el desarrollo de la investigación es el método que afecta en mayor medida el entorno de la ejecución del programa.

**Figura 1. Áreas de trabajo 2010, 2011 y 2014**



**Fuente: Programa MOSCAMED En Guatemala, MAGA, USDA, SAGARPA. 2014. p.3.**

Se analizaron datos históricos del programa para poder generar herramientas para la toma de decisiones empleando teoría estadística, bajo esta metodología al analizar la cantidad de químico asperjado en contraste con la cantidad de moscas fértiles encontradas, tratando de definir la magnitud de producto a utilizar según la población para la cual se desea emplear el método de aspersión, se determinó que las variables presentan correlación positiva, la cual se considera significativa.

Existe correlación significativa entre las trampas empleadas y el área a trabajar, siendo esta positiva. Los datos para ambas variables poseen desviaciones aceptables en relación al promedio, logrando coeficientes de variación de 25% en el caso de las trampas y menor al 10% en el caso del área trabajada.

La cantidad de larvas encontradas tiene relación con los kg de fruta muestreados siendo esta una tendencia cubica, presentando valor de  $R^2$  de 0.979. Dado que este dato sobreestima la población, se analiza el  $R^2$  corregido que provee de una estimación más adecuada siendo este 0.943, con lo que el modelo resultante es:

$$y = (1.36 * 10^{-8})x^3 - 0.01x^2 + 34.02x - 310848.58$$

Se analiza nuevamente el caso de los litros de químico a emplear según moscas fértiles encontradas, para lo cual como se ve en la comparación de datos observados contra otros modelos que el modelo que mejor se ajusta es:

$$\ln(y) = 0.323 \ln(x) + 2.479$$

Dicho modelo presenta significancia de 0.005 lo cual indica que el modelo de regresión es válido, aunque no se posee información suficiente para rechazar la hipótesis nula que indica que el coeficiente constante es nulo, el  $R^2$  para el modelo es 0.752.

En el caso de las toneladas de fruta destruidas en relación a los vehículos inspeccionados, se encontraron los siguientes modelos:

$$y = -(1.60 * 10^{-5})x^2 + 0.080x - 19.51, \text{ con } R^2 = 0.86 \text{ y}$$

$$\ln(y) = \frac{-668.21}{x} + 4.39, \text{ con } R^2 = 0.83.$$

Utilizando los modelos antes mencionados, será necesario para reducir el impacto generado por la aspersión así como la reducción en recursos, determinar la densidad población estimada que determine la mejor aproximación a la realidad y posteriormente emplear el modelo logarítmico propuesto y determinar los litros de activo a utilizar.

Analizando los modelos que describen dinámica poblacional se presentan los modelos propuestos que permiten una descripción de utilidad para la ejecución del trabajo de campo empleado dentro del manejo integrado de la plaga, de acuerdo a las características específicas de la plaga:

Modelo de Leslie:  $x(k)=Lx(k-1)=L^k x(0)$ . Donde L será la denominada matriz de Leslie, en forma general

$$L = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & \dots & a_{n-1} & a_n \\ b_1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & b_2 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & b_{n-1} & 0 \end{pmatrix}$$

De acuerdo a los cálculos realizados y a la documentación consultada en relación al ciclo de vida de la mosca del mediterráneo, se tiene que la matriz de Leslie a emplear es:

$$L = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0.8409 \\ 0.645 & 0 & 0 \\ 0 & 0.48 & 0 \\ 0 & 0.366 & 0 \end{pmatrix}$$

Para el modelo de Knipling, el equilibrio de la población está dado por:

$$F_{t+1} = \lambda(F_t + I) \frac{(F_t + I)}{(F_t + I + cS)}$$

El valor crítico es  $S^*=(\lambda-1)F/c$ . Considerando las migraciones I tanto de hembras como de machos:

$$F_{t+1} = \lambda(F_t + I) \frac{(F_t + I)}{(F_t + I + cS)}$$

Si la migración se da posterior al apareamiento, la ecuación se transforma en:

$$F_{t+1} = \frac{\lambda F_t^2}{(F_t + cS) + \lambda I}$$

## Conclusiones

1. Los procedimientos empleados en el manejo integrado de plaga dan inicio con la aspersión del producto placida, cuyo compuesto activo es el spinosad, se ejecuta paralelamente el control etológico para evaluar los resultados de la aspersión, y según los resultados obtenidos se procede a la liberación de insecto estéril, además se mantiene control legal por medio de puestos de cuarentena, para regular el traslado de frutas procedentes de áreas infestadas.

2. Las consecuencias ambientales provocadas por el manejo integrado de la plaga son debidas principalmente a la aspersión, generan contaminación en suelos y agua, aunque se considera que la toxicidad del producto va de leve a moderada, se posee riesgo de afectar especies y fuentes de agua, por lo que es sumamente importante diseñar buen drenaje, controlar el transporte y mantener apropiado tratamiento de los residuos.

3. El modelo matemático para describir la densidad poblacional de la plaga, previo a la aplicación del método de aspersión y determinar la población inicial  $x(k)$  a tratar es el método de Leslie en el tiempo  $t_k$ :  $x(k) = Lx(k-1) = L^k x(0)$  Posteriormente, para determinar el ingrediente activo a asperjar, se plantea el modelo logarítmico  $\ln(y) = 0.32\ln(x) + 2.48$ , donde  $y$  = litros de ingrediente activo,  $x$  = total de moscas fértiles estimadas; siendo necesario mejorar el ajuste al emplear retroalimentación con bases de datos actualizadas.

4. Para definir lineamientos específicos, en el caso del control etológico:  $y = (1.36 * 10^{-8})x^3 - 0.01x^2 + 34.02x - 310848.58$  donde,  $y$  = larvas,  $x$  = kg. de fruta muestreada y definir medidas en el control legal según datos de los puestos de cuarentena, empleando  $y = -(1.60 * 10^{-5})x^2 + 0.080x - 19.51$ , donde  $y$  = toneladas de fruta destruida,  $x$  = vehículos inspeccionados; así como el modelo de Knipling

$$F_{t+1} = \frac{\lambda F_t^2}{(F_t + cS) + \lambda I}$$

para determinar la cantidad óptima de insecto estéril a liberar, para el cual,  $F_t$  es la cantidad de hembras fértiles en un tiempo  $t$ ,  $\lambda$  es la tasa de crecimiento,  $c$  como un coeficiente de competitividad de machos estériles y  $S$  los elementos fértiles a incluir al medio.

Al implementar los modelos propuestos, se logrará determinar la cantidad de ingrediente activo a asperjar de acuerdo con la cantidad óptima de machos estériles a liberar, reduciendo los litros de activo utilizado, para lograr una optimización de recursos, así como disminución en la contaminación de suelos, aire y agua.

## Recomendaciones

1. Mantener vigentes los procedimientos de control del método de aspersión, analizando según la capacidad de liberación de insecto estéril contra la población estimada, empleando los modelos propuestos y determinar la proporción de insectos que deben de tratarse en una fase inicial por este método.
2. Realizar investigaciones donde se aplique inicialmente control biológico para realizar una reducción inicial, y para necesitar menor cantidad de aspersiones previo a la aplicación del método del insecto estéril.
3. Realizar análisis por región, de acuerdo con los datos estadísticos que se poseen en contraste con los resultados que se pueden obtener al adecuar la ecuación diferencial, que describe el comportamiento de la plaga, determinando un patrón de comparaciones para determinar de mejor forma la proporción de moscas a tratar, mediante el método autocida.
4. Divulgar los resultados de laboratorio obtenidos en el análisis del efecto del cebo empleado en el Programa MOSCAMED en la apicultura nacional, reduciendo con esto la problemática social de la aplicación de los métodos para el control de la plaga.

## Bibliografía

1. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. *Consortio para la Protección Internacional de Cultivos, CICP. (1988) Análisis del impacto ambiental del Programa MOSCAMED en Guatemala.*
2. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Dirección de Planeamiento. (2013). *El agro en cifras 2013.* Guatemala, Guatemala: MAGA.
3. Programa MOSCAMED Guatemala. (2011). *Informe del Programa MOSCAMED a la comisión coordinada por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.*
4. Programa MOSCAMED En Guatemala, MAGA , USDA , SAGARPA . 2014. *Informe del Programa MOSCAMED comisión regional.*
5. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural , Pesca y Alimentación e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2013). *Evaluación económica del Programa Moscamed en Guatemala y sus impactos en ese país, México, EE.UU y Belice. México: IICA.192*

# SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA, MEDIANTE LA METODOLOGÍA ISO 50001:2011, PARA LA CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

## Resumen

La implementación del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) en la Universidad de San Carlos de Guatemala, permitirá conocer las oportunidades de ahorro mediante el uso eficiente de la energía, a través de una revisión energética de las Unidades Académicas que conforman el Campus Central; la revisión energética servirá como base para la planificación del SGEn, el cual presenta los lineamientos y recomendaciones que permitirán a la universidad reducir sus costos de operación relacionados al consumo de energía eléctrica y a su vez reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), derivadas del consumo de energía.

Asimismo, el SGEn permitirá establecer una línea base y matriz energética, identificando los edificios del Campus Central que tienen un mayor consumo energético. El trabajo de graduación presentado, se enfoca en el desarrollo de la etapa de planificación del SGEn para la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## Palabras clave

Sistema de Gestión de la Energía, planificación energética, eficiencia energética, cambio climático.

## Abstract

Implementation of Energy Management System (EnMS) at the University of San Carlos of Guatemala, will reveal savings opportunities through the efficient use of energy, through an energy review of the academic units at the Central Campus; the energy review will serve as reference for planning the EnMS, which presents the guidelines and recommendations that will allow the university to reduce its operating costs related to energy consumption and reduce emissions of greenhouse gases (GHG) from consumption of energy.

The EnMS will establish a base line energy and energy matrix, identifying the main campus buildings that have a higher energy consumption. The graduation work presented focuses on the development of the planning stage of the EnMS at the University of San Carlos of Guatemala.

## Keywords

Energy Management System, energy planning, energy efficiency, climate change.

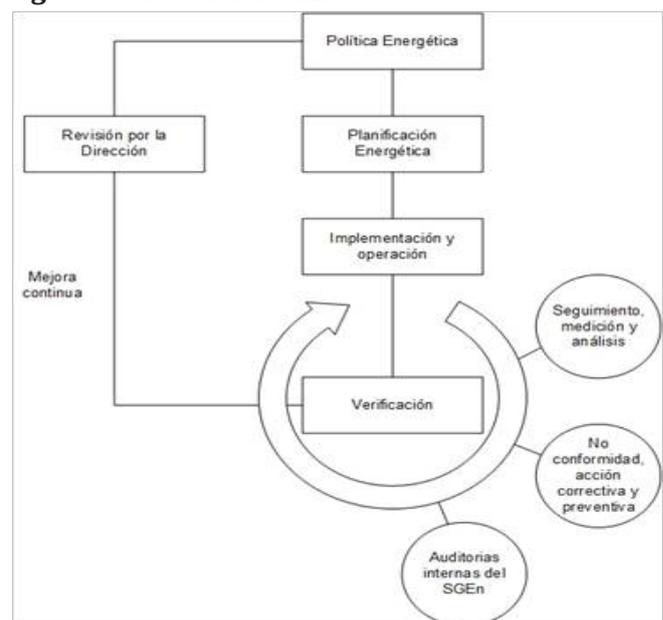


Mario René López De León  
Arquitecto  
marioenel@gmail.com

Mariaé García Zamora  
Máster en Energía y Ambiente  
mzgarcia.eco@gmail.com

La Norma ISO 50001:2011 es el estándar internacional de Sistemas de Gestión de la Energía. La norma tiene como objeto facilitar el establecimiento de las medidas necesarias para optimizar el desempeño energético, que incluye la eficiencia energética y su consumo. La norma se fundamenta en el ciclo de mejora continua (PHVA): planificar, hacer, verificar y actuar.

Figura 1. Modelo del SGEn

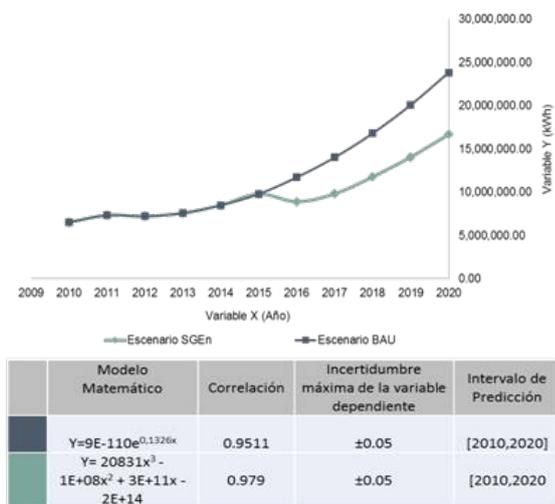


Fuente: ISO 50001:2011

## Resultados Obtenidos

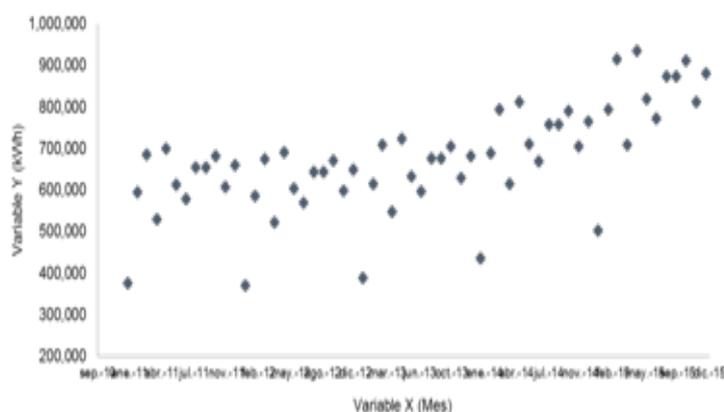
La línea base de energía presenta el consumo histórico de energía y su demanda, la cual ha aumentado desde el año 2010, un 5.56% cada año. La línea base proyectada al año 2020, integra dos escenarios: el escenario BAU (si el consumo energético continua “como de costumbre”) y el escenario con la implementación del SGen, el cual representa al 2020 un ahorro de 7,145,154.00 kWh.

Gráfica 1. Línea base de energía al año 2020



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 2. Línea base de energía mensual [2011-2015]

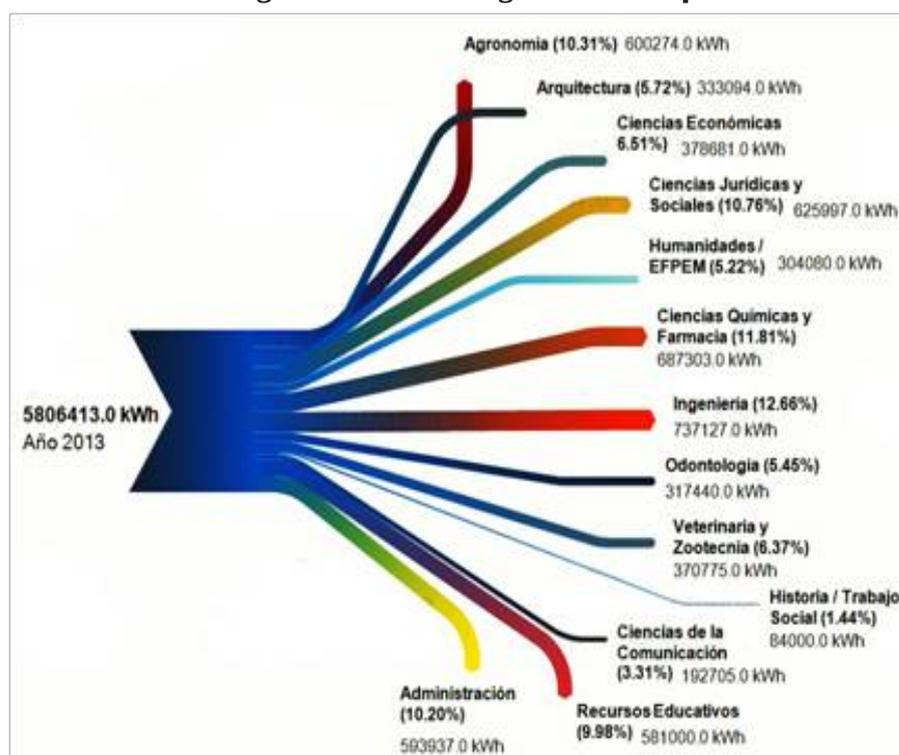


| Modelo Matemático                           | Correlación | Incertidumbre máxima de la variable dependiente | Intervalo de Predicción      |
|---|-------------|---|------------------------------|
| $Y=0,0001x^3 - 14,056x^2 + 577237x - 8E+09$ | 0.553       | ±0.05   | [enero 2011, diciembre 2015] |

Fuente: elaboración propia.

La dispersión de datos en el modelo de la gráfica 2, refleja el consumo de energía eléctrica mensual del año 2011 al 2015. La correlación de los datos es de 0.55, debido a que el consumo energético es variable en cada mes del año, sin embargo, se puede observar que el comportamiento anual se mantiene, ya que en todos los años el mes de enero es el de menor consumo energético y el mes de mayo es el mes con mayor demanda energética.

Figura 2. Matriz energética del Campus



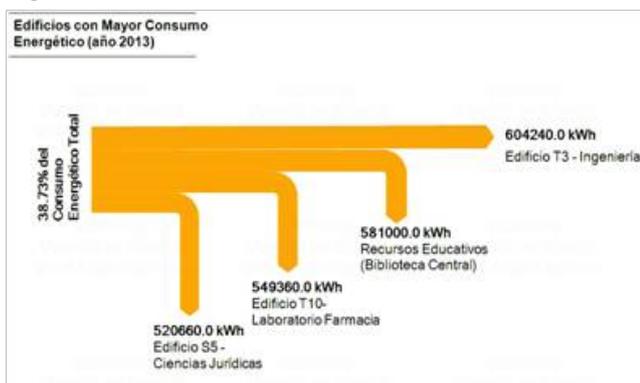
Fuente: elaboración propia.

La matriz energética, representada mediante el diagrama Sankey, indica según el ancho de sus flechas, la cantidad de flujo de energía (kWh) que consume cada Unidad Académica y actividades administrativas de la Ciudad Universitaria, zona 12.

En la matriz energética se observa que la Facultad de Ingeniería posee el mayor consumo, el cual representa un 12.66% del consumo energético global del Campus, seguida por la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia con un 11.81% y la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales con un 10.76%.

Las actividades y servicios administrativos de la universidad demandan un 10.20% y el edificio de Recursos Educativos representa un 9.98% del consumo energético global.

### Gráfica 3. Edificios con mayor consumo energético del Campus Central

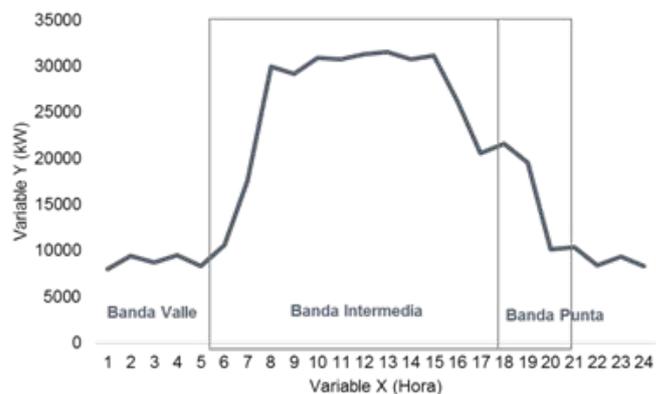


| Edificio           | Contador | AÑO     |         |         |         |
|--------------------|----------|---------|---------|---------|---------|
|                    |          | 2010    | 2011    | 2012    | 2013    |
| T3                 | H-13393  | 438,760 | 572,880 | 550,760 | 604,240 |
| BIBLIOTECA CENTRAL | T-00411  | 493,080 | 590,520 | 558,600 | 581,000 |
| T10                | K-22867  | 542,360 | 564,900 | 545,720 | 549,360 |
| S5                 | J-38995  | 438,620 | 510,860 | 477,680 | 520,660 |
| RECTORIA           | H-78288  | 500,080 | 515,060 | 542,780 | 472,500 |
| VETERINARIA        | K-64055  | 88,282  | 117,057 | 121,122 | 300,987 |
| M1                 | J-39247  | 169,600 | 228,960 | 208,080 | 222,960 |
| T2                 | K-22910  | 144,217 | 169,957 | 165,120 | 187,120 |

Fuente: elaboración propia, información EEGSA.

El edificio con mayor consumo de energía eléctrica en el Campus Central, es el edificio T-3 de la Facultad de Ingeniería, el cual en el año 2013 presentó un consumo de 604,240.00 kWh (10.38% del consumo global); el segundo edificio es el de Recursos Educativos (Biblioteca Central), el cual registró un consumo de 581,000.00 kWh (9.98%), y el tercero corresponde al T-10 (Laboratorio de Farmacia) con un consumo de 549,360.00 kWh (9.43%)

### Gráfica 4. Demanda diaria horaria de energía, edificio de Recursos Educativos



Fuente: elaboración propia.

Como parte de la revisión energética, se realizaron dos diagnósticos energéticos, que incluyeron la medición de calidad de la energía y calidad lumínica en los edificios de Recursos Educativos y T-10.

El resultado principal de los diagnósticos energéticos realizados, indica según lo observado en la Figura 6, que el consumo de energía más alto en el edificio de Recursos Educativos, se mantiene de 08:00 a 16:00 horas, alcanzando una potencia máxima de 31,536 kW; posteriormente de 16:00 a 20:00 horas, la demanda empieza a bajar hasta 10,116 kW; al finalizar el día de 20:00 a 06:00 horas, se presenta una demanda constante de 10,000 kW.

La curva de la demanda de energía representa durante la noche y madrugada un consumo energético de 31.70 % en el edificio, en relación a su consumo durante el día, a pesar que en dicho horario las instalaciones de la universidad no están en uso. El análisis de la calidad lumínica refleja un promedio de 202.80 lumen/m<sup>2</sup>, lo cual está por debajo de los estándares, que establecen un flujo luminoso de 500 lumen/m<sup>2</sup> para salas de lectura y librerías. Es importante resaltar que la demanda diaria horaria del edificio T-10, presenta el mismo comportamiento que la del edificio de Recursos Educativos.

### Conclusiones

1. La sistematización de los datos del consumo energético de los edificios e instalaciones del Campus Central, como parte inicial del SGEN, ha permitido tener una base de datos energéticos fiables y ordenados de las distintas Unidades Académicas, y la demanda de energía del Campus, la cual tiene aumento anual de 5.56%.
2. La revisión energética ha permitido generar la línea base energética al año 2020, con

dos variables en Y: escenario BAU (modelo matemático:  $Y = 9E-110e^{0.1326x}$ ), con una correlación de 0.95; y el escenario con la implementación del SGen (modelo matemático:  $Y = 20831x^3 - 1E+08x^2 + 3E+11x - 2E+14$ ), con una correlación de 0.97.

3. La matriz energética identifica las Unidades Académicas que afectan significativamente el consumo de energía de la universidad, reflejando que la unidad con mayor consumo de energía eléctrica es la Facultad de Ingeniería (12.66%), seguida por la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia (11.81%) y la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales (10.76%); la Unidad con menor consumo energético es la de Historia y Trabajo Social (1.44%).

4. Los indicadores del desempeño energético demuestran que la Unidad Académica con mayor intensidad energética per cápita anual es la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia (0.62MWh/estudiante anual), seguido por Veterinaria y Zootecnia (0.48MWh/estudiante anual), Agronomía (0.45MWh/estudiante anual) y Odontología (0.37MWh/estudiante anual). Respecto a la intensidad energética por área de ocupación, la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia posee el mayor índice de intensidad con 0.10 MWh/m<sup>2</sup>, mientras que el menor índice lo tiene la Facultad de Ciencias Económicas con 0.02 MWh/m<sup>2</sup>.

5. Los indicadores ambientales expresan que la Facultad de Ingeniería es la Unidad Académica con mayores emisiones de CO<sub>2</sub>, asociadas al consumo energético, emitiendo en el año 2013, 113 toneladas de CO<sub>2</sub>.

## Recomendaciones

1. Al Consejo Superior Universitario y autoridades de la Universidad de San Carlos de Guatemala, priorizar la implementación del Sistema de Gestión de la Energía para la Ciudad Universitaria, conscientes de la importancia de realizar un uso eficiente de los recursos energéticos y las implicaciones ambientales asociadas, en armonía con la Política Ambiental Universitaria.

2. A la Maestría en Energía y Ambiente y Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, impulsar con el apoyo y aval del Consejo Superior Universitario la Política Energética Universitaria con el objeto de promover el desarrollo de un "Campus Universitario Sostenible", que refleje el compromiso de la magna casa de estudios con los problemas ambientales y energéticos del país.

3. Desarrollar las Auditorías Energéticas Globales, que permitan obtener la caracterización del uso energético en los edificios que tienen un mayor consumo de energía, sobre todo el edificio T-3, Recursos Educativos, T-10 y S-5. Es importante la transición de dichas Unidades Académicas hacia un consumo energético menor, efectuando las medidas de eficiencia energética que indiquen los resultados de las auditorías.

4. La creación de una Unidad Energética o Departamento Técnico de Energía dentro de las funciones administrativas y operativas de la Universidad, para la implementación, evaluación y seguimiento del SGen; y una Unidad de Monitoreo Climático que permita evaluar las variables meteorológicas para determinar la factibilidad del uso de energías renovables en el Campus Universitario.

## Bibliografía

Empresa Eléctrica de Guatemala. (2013). *Facturación de Energía Eléctrica Universidad de San Carlos de Guatemala 2011-2013*. Guatemala.

ISO. (2011). *50001 Sistemas de Gestión de Energía*.

Universidad de San Carlos de Guatemala. (2014). *Política Ambiental de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Consejo Superior Universitario*.

Universidad de San Carlos de Guatemala. (2015). *Datos Estadísticos de la Población Estudiantil 2010-2014*. Guatemala: Departamento de Registro y Estadística, Sección de Estadística.

# PROTOTIPO DE APLICACIÓN MÓVIL ANDROID PARA LA LOCALIZACIÓN DE VEHÍCULOS CON REPORTE DE ROBO, HURTO O ESTAFA EN GUATEMALA

## Resumen

Los dos principales motivos por los cuales se desarrolló el prototipo de aplicación móvil para la detección y reconocimiento de placas de vehículos con reporte de robo, hurto o estafa, llamado DVRGT (Detector de Vehículos Robados en Guatemala) son: los bajos índices de recuperación de vehículos con reporte de robo, hurto o estafa en Guatemala y los precios altos de los sistemas de posicionamiento global.

Por medio del uso de librerías de visión artificial como OpenCV para la detección de las placas y redes neuronales para el reconocimiento óptico de caracteres (OCR, por sus siglas en inglés), se logró cumplir con el objetivo de desarrollo y publicación de la aplicación móvil, la cual tiene una efectividad del 81% en el reconocimiento de las placas de vehículos guatemaltecos.

Por la naturaleza del prototipo, el reconocimiento depende del ambiente de donde se capturen las imágenes, es decir, el reconocimiento en la captura de las placas es mayor cuando se enfoca a la distancia correcta y se captura con luz natural.

## Palabras clave

OpenCV, OCR, Android, Guatemala, TIC, Aplicación móvil, Red neuronal, Vehículo, Placa, Robo, Hurto, Estafa, Prototipo.

## Abstract

The two main reasons why was developed the prototype mobile application for detection and recognition of license plates with report of theft or fraud, called Detector Stolen Vehicle in Guatemala (DVRGT, for its acronym in Spanish) are: low recovery rates reported as stolen vehicles, theft or fraud in Guatemala, which are reflected in the department of Chimaltenango, in 2013, 216 cases were reported stolen vehicles, stolen or defrauded and recovered only 36 (Prensa Libre, 2014), and the high prices of global positioning systems. Through the use of libraries of artificial vision as OpenCV to detect license plates and neural networks for optical character recognition (OCR), it managed to meet the goal of developing and publishing mobile application which has a 81% effectiveness in recognizing vehicles license plates in Guatemala. By the nature of the prototype, recognition depends on the environment where images are cap



Michael Antony Colíndres Hernández Ingeniería en Ciencias y Sistemas colindres.michael@gmail.com

Xiomara Cabrera de Anzueto  
Maestría en Administración de la Confiabilidad  
xnca2006@yahoo.com

tured, that is, recognition in the capture of the license plates is greater when approached properly focused and captured with natural light.

## Keywords

OpenCV, OCR, Android, Guatemala, TIC, Mobile application, Neuronal networks, Vehicle, Plate number, License plate, Stolen, Theft, Fraud, Prototype.

## Desarrollo

Si bien los índices de recuperación de vehículos robados son bajos comparados con los índices de robos, también la problemática radica en la falta de soluciones tecnológicas alternativas que ayuden a la recuperación de vehículos con reporte de robo, hurto o estafa en Guatemala.

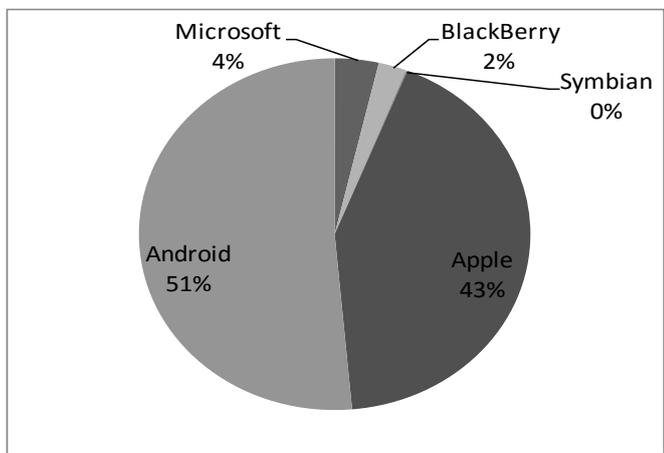
Es por ello la importancia de tomar la iniciativa en crear soluciones alternativas que ayuden a con-

trarrestar los problemas sociales en Guatemala. Se delimita la solución al problema de robo, hurto o estafa de vehículos, se desarrolla el primer prototipo funcional para la detección y reconocimiento de las placas de vehículos en Guatemala y de esta manera validar si el vehículo tiene reportes.

Las características que hoy en día poseen los dispositivos móviles, son idóneas para crear este tipo de soluciones tecnológicas que afronten el problema social

de robo de vehículos. Además, el 51.5% de dispositivos a nivel mundial cuentan con el sistema operativo móvil Android (ComScore, 2014), lo cual justifica el sistema operativo en el cual se desarrolló el prototipo.

**Gráfica 1. Distribución del mercado de dispositivos**



comscore.com. Recuperado el 04 de febrero de 2015.

Se desarrolló el prototipo para dispositivos móviles Android, este prototipo implementa tecnologías de visión artificial como OpenCV para la detección y manipulación de las imágenes que contienen las placas, además del uso de redes neuronales artificiales de tipo Kohonen para el reconocimiento óptico de caracteres de las placas de los vehículos.

## Resultados

Debido a la capacidad y efectividad de las tecnologías de código libre, el prototipo implementó la librería UIT ANPR (Nguyen, 2013), que gestiona la captura de las imágenes y la lógica principal del funcionamiento del prototipo. Ahora bien, se implementó una base de datos propia, la cual está desarrollada con tecnología de código libre MySQL y es alimentada con información de los usuarios, esto debido a que no existen los medios para realizar una consulta automática a las bases de las entidades gubernamentales que llevan el control de los vehículos con reporte de robo, hurto o estafa.

Al enfocar una placa vehicular, la aplicación móvil detecta el área exacta donde está ubicada la placa, para procesarla y generar una imagen binaria y posteriormente realizar la segmentación de caracteres.

Al segmentar los caracteres se procesan uno por uno para detectar qué carácter corresponde por medio de la red neuronal, y por último, consultar en la base de datos si la placa reconocida tiene o no reporte de robo, hurto o estafa en el territorio guatemalteco.

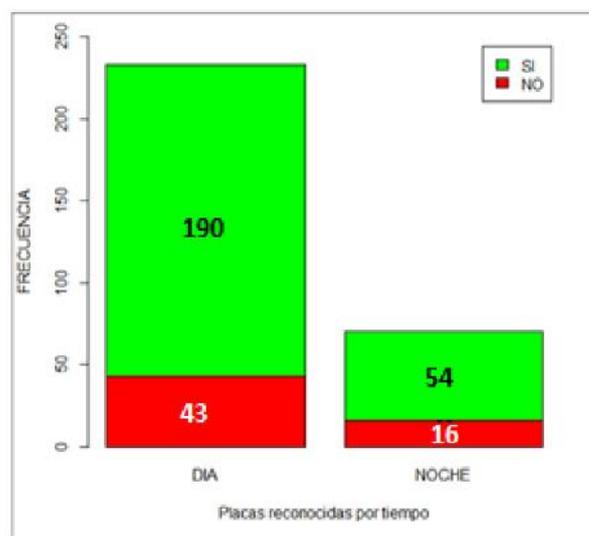
**Figura 1. Diagrama funcionalidad general**



Fuente: elaboración propia.

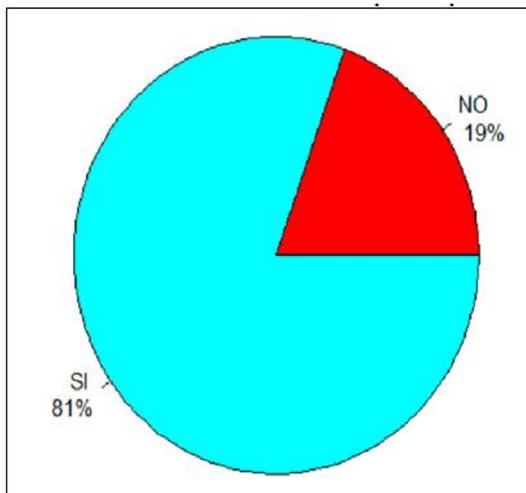
Para comprobar la efectividad del prototipo se procesó un lote de 303 imágenes durante el día y durante la noche, que incluyen las placas de vehículos, obteniendo una efectividad del 81% en el reconocimiento.

**Histograma placas reconocidas vs tiempo**



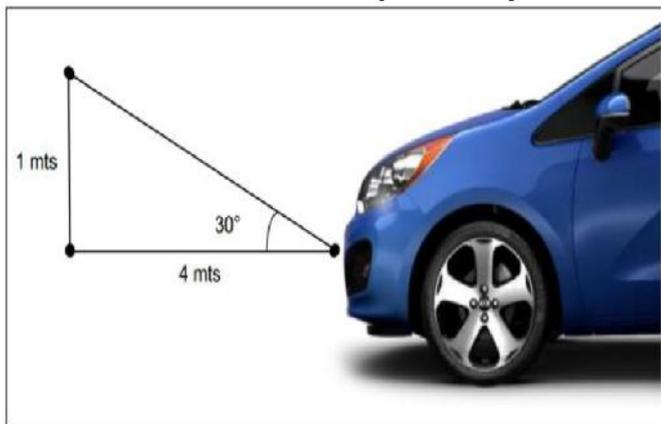
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 3. Efectividad prototipo**



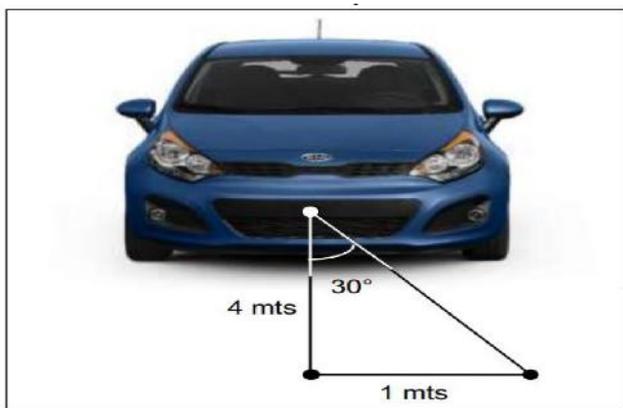
Fuente: elaboración propia.

**Figura 2. Área correcta de captura de perfil**



Fuente: elaboración propia.

**Figura 3. Área correcta de captura de frente**



Fuente: elaboración propia.

Como parte de los resultados obtenidos se desarrolló y publicó el sitio Web oficial bajo el dominio [www.dvrgt.info](http://www.dvrgt.info), en el cual se da a conocer el prototipo de aplicación móvil DVRGT, se despliega información relevante para el envío de alertas para el almacenamiento en la base de datos y por último, pero no menos importante, se permite la descarga directa del prototipo de aplicación móvil. El sitio Web se desarrolló con base en una plantilla de descarga gratuita para ahorro de tiempo y costos en la elaboración de la solución final.

## Conclusiones

1. La integración de las características de hardware y software de los dispositivos móviles Android, son idóneas para crear soluciones tecnológicas para la detección y reconocimiento de placas de vehículos en Guatemala; además, se minimizó el tiempo de investigación, con la implementación de tecnologías de software libre como: OpenCV, redes neuronales Kohonen y librerías para la detección y reconocimiento como UIT ANPR.

2. El rendimiento del prototipo de aplicación móvil DVRGT, es del 81% de efectividad en la detección y reconocimiento de las placas de los vehículos de Guatemala.

3. Se desarrolló la primera versión funcional del prototipo de la aplicación móvil DVRGT, con la capacidad de detectar y reconocer placas de vehículos y validar si existe reporte de robo, hurto o estafa en Guatemala. Además, se implementó una base de datos que será alimentada con las alertas que los mismos usuarios realicen.

4. El sitio Web oficial se publicó bajo el dominio [www.dvrgt.info](http://www.dvrgt.info), en el cual se puede realizar la descarga directa de la primera versión funcional

del prototipo de aplicación móvil DVRGT; además de consultar la información general del funcionamiento para el envío de alertas de vehículos con reportes, al correo electrónico [contact@dvrgt.info](mailto:contact@dvrgt.info), para almacenar en la base de datos.

## Recomendaciones

1. Para un óptimo funcionamiento, el dispositivo debe cumplir con las características mínimas de 1 Gb memoria RAM, 100 Mb de espacio libre para el almacenamiento de las imágenes, cámara de 5 pixel o mayor resolución, versión Android 2.2 o superior y plan de datos activo.

2. El rendimiento de la aplicación móvil es óptimo con luz natural, es por ello que se recomienda utilizar

el prototipo de aplicación móvil DVRGT durante el día, de noche la captura debe realizarse a menor distancia.

3. Realizar la captura de las placas de los vehículos a una distancia no mayor de 5 metros de frente, 1 metro de lado y a un ángulo de 30°, adicional a la distancia y ángulo correcto, se debe cumplir con las otras condiciones (brillo, sombras, desgaste de placa y placas no alteradas). Por último, solo utilizar el prototipo con placas con fondo blanco y solo con tipos de placas A, C, M, O, P, U, TC, MI y CD.

## Bibliografía

ComScore. (Julio de 2014). *U.S. Smartphone Subscriber Market Share*. Obtenido de <http://www.comscore.com/Insights/MarketRankings/comScore-ReportJuly-2014-US-Smartphone-Subscriber-Market-Share>. Recuperado el 22 de marzo de 2015.

David Dawson, L. C. (Abril de 2008). *A License Plate Recognition and Speed Detection System*. Estados Unidos: Universidad Central del Estado de Connecticut.

D. Nguyen, P. Nguyen, T. Nguyen (2013), *UITANPR: Toward an Open framework for Automatic Number Plate Recognition on Smartphones, The International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication, Vietnam*: University of Information Technology. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1145/2557977.2558037>. Recuperado el 01 de enero de 2015.

Prensa Libre (07 de Marzo de 2014). *Se mantienen cifras de robo de vehículos*. Obtenido de [http://www.prensalibre.com/chi/maltenango/mantienen-cifras-robovehiculos\\_0\\_1097290302.html](http://www.prensalibre.com/chi/maltenango/mantienen-cifras-robovehiculos_0_1097290302.html). Recuperado el 15 de marzo de 2015.

# CARPOOLING GT, UNA APLICACIÓN PARA COMPARTIR VEHÍCULO UNA APLICACIÓN PARA COMPARTIR VEHÍCULO

## Resumen

En Guatemala todas las personas se movilizan diariamente de diferentes formas, por medio de vehículo, taxi, caminando, bicicleta u otro medio de transporte. Carpooling GT es una nueva alternativa de aplicaciones móviles orientadas al concepto de carpooling para poder movilizarse dentro de la ciudad de Guatemala.

El prototipo diseñado reduce el tiempo de búsqueda de los usuarios al crear una aplicación portátil que utilice algoritmos de búsquedas eficientes y que no tiene costo alguno. Por medio del análisis cuantitativo se llevó a cabo el análisis y diseño del prototipo que tiene como arquitectura el modelo vista controlador y un algoritmo de búsqueda basado en el análisis de clúster.

Las medidas de similitud o distancia son las más adecuadas para aplicarlas en la búsqueda de un nuevo viaje. En el estudio realizado se utilizó la distancia euclidiana para reducir el tiempo de búsqueda del prototipo. El algoritmo al momento de agrupar los posibles resultados, reduce la cantidad de opciones que un usuario tiene para elegir un nuevo viaje.

## Palabras clave

Carpooling, clúster, API, prototipo, MVC, Android, MySQL, PHP

## Abstract

In Guatemala people move daily in different ways, by car, taxi, walking, biking or other means of transport. Carpooling GT is a new alternative for mobile applications using the concept of carpooling to move within GuatemalaCity.

The prototype reduces search time users to create portable applications that use efficient search algorithms and has no cost. The analysis and design is by means of quantitative analysis. It use model view controller architecture and a search algorithm based on cluster analysis.

The distance or similarity measures are most suitable



Gabriela Maria Diaz Dominguez  
Ingeniera en ciencias y sistemas  
gabydiazdom87@gmail.com

Xiomara Cabrera de Anzueto  
Maestría en Administración de la Confiabilidad  
xnca2006@yahoo.com

for application in the search for a new trip. Euclidean distance model is responsible for reducing the search time of the prototype. The grouping algorithm when possible outcomes, reduce the number of options a user has to choose a new trip.

## Key words

Carpooling, cluster, API, prototype, MVC, Android, MySQL, PHP

## Desarrollo

El hecho de compartir vehículo es una nueva opción que puede beneficiar a personas que trabajan en una misma empresa o bien se dirigen a lugares cercanos.(Caicedo, 2003)

Para obtener una visión más amplia de la factibilidad del prototipo se realizó una encuesta que muestra en sus resultados que el 60% de las personas que poseen vehículo propio viajan solas.(Camós, 2012).

Treinta y tres personas de cuarenta y cinco conocen a personas con rutas similares y la mayoría de las personas están dispuestas a compartir vehículo siempre y cuando conozcan al conductor.

Con base en los resultados de la encuesta se desarrolló una aplicación móvil para que personas con rutas similares compartirán vehículo. Se realizó el análisis y diseño del prototipo para que fuera funcional. Se definieron los siguientes procesos:

- Nuevo viaje
- Búsqueda de viaje
- Selección de pasajero

La arquitectura que se seleccionó para el prototipo fue la del modelo vista controlador MVC. (Akshay, Asmita, Kshetrapal, & Archana, 2013)

El modelo que se utilizó divide la aplicación en tres niveles distintos:

- Vista: parte encargada de la interfaz gráfica. Se utilizaron archivos XML para la realización de las pantallas en Android.
- Modelo: en este nivel se almacenan los datos de la aplicación. Se utilizó el motor de base de datos MySQL.
- Controlador: nivel encargado de la lógica de la aplicación. Por medio de webservices desarrollados en PHP se logra establecer la comunicación de la aplicación con los datos almacenados.

Para la generación del mapa que se visualiza en la aplicación móvil en el módulo de búsqueda de un viaje, se utilizó el API de Google Maps V2 el cual proporciona servicios de cartografía como: mapas, geocodificador, cálculo de rutas, búsqueda de lugares y marcadores. Para obtener el resultado de la búsqueda de personas cercanas que habían publicado un viaje se utilizó el análisis de clúster.

El algoritmo utilizado fue el de la distancia euclidiana por ser tipo de datos cuantitativos. Este algoritmo proporciona la distancia desde cada marcador en el mapa hasta el origen más cercano, en donde  $x$  es la longitud y  $y$  es la latitud, por lo tanto, la fórmula a utilizar para la distancia es la siguiente:

## Resultados obtenidos

El análisis de resultados que se utilizó fue mixto, como variable cuantitativa, se tienen el número de viajes y las variables cualitativas son la publicación del prototipo y la selección de pasajeros. Con

estas variables se obtuvieron datos estadísticos que sirvieron como apoyo en el desarrollo de la aplicación. Se desarrolló una aplicación móvil que no consume demasiados recursos del dispositivo móvil y al no analizar el cien por ciento de las direcciones almacenadas, el tiempo de respuesta es menor a un minu-

to. El prototipo agrupa direcciones según la similitud expresada en términos de una distancia por medio del método de clúster jerárquico. (Scholl, 2011) El método de clúster jerárquico, consiste en crear un grupo único con todas las observaciones y se van dividiendo según la distancia en la que estén.

La aplicación consta de tres módulos importantes: la publicación de un nuevo viaje, la búsqueda de un viaje y la visualización de los viajes publicados. El usuario puede visualizar el estado de cada uno de sus viajes publicados anteriormente. En esta parte es donde puede aceptar o rechazar a los posibles candidatos que ocuparán un asiento en su vehículo.

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Figura 1. Nuevo Viaje</b></p>  <p>Fuente: elaboración propia</p> | <p>En esta parte el usuario publica un nuevo viaje en donde ingresa al sistema información sobre el viaje.</p>   |
| <p><b>Figura 2. Mis viajes</b></p>  <p>Fuente: elaboración propia</p> | <p>El usuario puede visualizar el estado de cada uno de sus viajes publicados anteriormente. En esta parte es donde puede aceptar o rechazar a los posibles candidatos que ocuparán un asiento en su vehículo.</p> |



Para calcular el marcador más cercano al punto de referencia se podría dar una opción más acertada utilizando el API Google Directions, el cual es un servicio que calcula la dirección entre dos puntos por medio de HTTP. El método principal solamente necesita el punto de origen, punto destino y forma de viaje a pie, bicicleta, en automóvil y en transporte público.

Según la ubicación actual del usuario, el mapa muestra todas las publicaciones que encuentra en la base de datos que estén a una distancia máxima de un kilómetro.

Para iniciar la búsqueda, Carpooling GT, se basa en la posición GPS que el dispositivo del usuario indique. Muestra los puntos cercanos según su ubicación actual con un rango de un kilómetro. Cada marcador en el mapa cuenta con los atributos de una dirección. (Shaheen, 2010) El marcador con la etiqueta "YO" en la figura 3 representa la ubicación actual del usuario el resto de marcadores son las posibles opciones de viaje publicados anteriormente.

Entre los avances logrados con el prototipo de Carpooling GT se tiene la aplicación de un algoritmo de búsqueda y la utilización de diferentes tecnologías las cuales se acoplaron para el buen funcionamiento de la aplicación móvil.

Por el momento, la distancia que se toma como referencia para la construcción del clúster es la distancia euclidiana. La limitación de este cálculo es que el resultado es una distancia teórica, más sin embargo no es una distancia real porque calcula la distancia más corta no importando si existen calles, edificios o muros como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Distancia Teórica

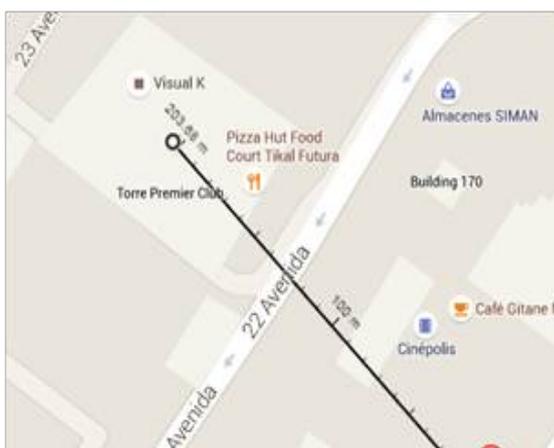
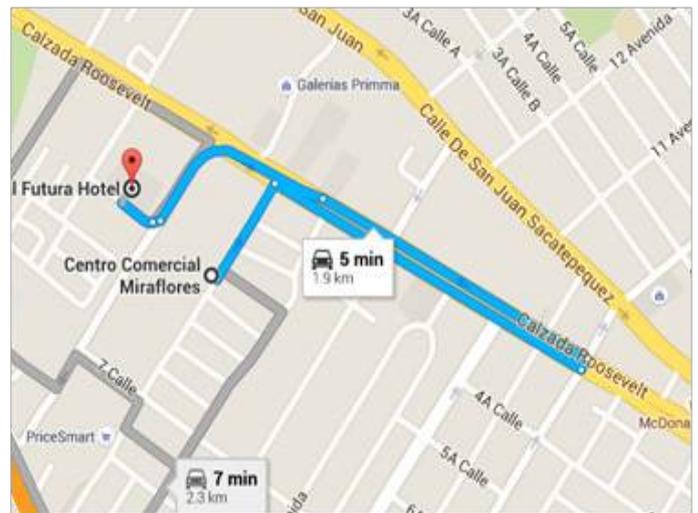


Figura 5. Ruta por vehículo



Fuente: Google Maps.

Para el alojamiento de la información de la aplicación móvil se utilizó el hosting gratis 000webhost. Se seleccionó este tipo de almacenamiento porque la cantidad de usuarios aún es manejable. El hosting cuenta con 1500 MB de espacio de almacenamiento, 100 GB de transferencia mensual, PHP 5 y MySQL 5.

El servidor de aplicaciones inicial tiene la capacidad para proveer el servicio a un máximo de 70,000 usuarios. La población de la ciudad de Guatemala en el 2015 son 4 millones de personas de los cuales 1 millón de personas utilizan automóvil según la Municipalidad de Guatemala por lo que se propone una migración a los servicios que ofrece Amazon Cloud.

Amazon Web Services(AWS) es un servicio web de Amazon, el cual es una opción flexible y escalable para el almacenamiento de información.

La aplicación móvil causaría impactos sociales, económicos y tecnológicos como se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1.

| IMPACTO            | DESCRIPCION  |
|--------------------|--|
| <b>SOCIAL</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Seguridad de los usuarios</li> <li>○ Ranking</li> <li>○ Integración con Facebook</li> <li>○ Alianzas estratégicas</li> </ul>      |
| <b>ECONÓMICO</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fidelización</li> <li>○ Viralización</li> <li>○ Conductor pone costo</li> </ul>   |
| <b>TECNOLÓGICO</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Forma innovadora de movilizarse</li> <li>○ Utilizar aplicaciones móviles</li> <li>○ Integrarlo con aplicaciones afines</li> </ul> |

Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

1. Se desarrolló el prototipo Carpooling GT, una aplicación móvil para dispositivos Android la cual permite a las personas con rutas similares movilizarse dentro de la ciudad de Guatemala.
2. Se creó la aplicación móvil Carpooling GT basada en el concepto de carpooling para movilizarse dentro de la ciudad de Guatemala. Carpooling GT realiza la búsqueda inteligente basado en el análisis de clúster y distancia euclidiana.
3. Se redujo el tiempo de búsqueda de los usuarios por medio del análisis de clúster, mostrando los 20 viajes más cercanos a la ubicación del usuario. Por medio del cálculo de la distancia euclidiana la aplicación sugiere la mejor opción dentro del clúster, en menos de un minuto dependiendo del plan de datos del dispositivo móvil.
4. Para la publicación de la aplicación móvil se utilizó el software libre Android y para el desarrollo se utilizaron APIs y librerías de código abierto. Por lo tanto, los usuarios pueden descargar la aplicación de forma gratuita.

## Recomendaciones

1. Cuando el número de usuarios aumente, se sugiere cambiar el análisis de clúster a un método de k-means el cual consiste en agrupar "n" observaciones en "k" grupos en donde cada observación pertenece al grupo más cercano.
2. Para el buen funcionamiento de la aplicación se recomienda que la versión de Android sea nueve o mayor. Tener activa la ubicación del usuario y contar con un plan de datos.

## Referencias Bibliográficas

- Akshay, B., Asmita, G., Kshetrapal, J., & Archana, W. (2013). *Car Pool'up – Real-time Carpooling using GPS*. Obtenido de <http://www.met.edu/Institutes/CS/NCNHIT/papers/28.pdf>
- Caicedo, F. (2003). *Aplicaciones de las TIC a la gestión de aparcamientos*. Obtenido de <http://www.minetur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/353/073caicedo.pdf>.
- Camós, J. (08 de agosto de 2012). *Plataformas de coche compartido: Carpooling*. Obtenido de <http://www.motorpasionfuturo.com/coche-compartido/plataformas-de-coche-compartido-carpooling>
- Scholl, M. (27 de septiembre de 2011). *La test Trends in Car-Sharing*. Obtenido de <http://www.scp-knowledge.eu/sites/default/files/Gossen%20and%20Scholl%202011%20Latest%20trends%20in%20car-sharing.pdf>
- Shaheen, S. A. (Junio de 2010). *Greenhouse Gas Emission Impacts of Carsharing in North America*. Obtenido de [http://transweb.sjsu.edu/MTIportal/research/publications/documents/Carshring%20and%20Co2%20\(6.23.2010\).pdf](http://transweb.sjsu.edu/MTIportal/research/publications/documents/Carshring%20and%20Co2%20(6.23.2010).pdf)

# AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE ENTREGA DE MEDICAMENTOS



José Alejo Ramírez Soto  
Ingeniería en Ciencias y Sistemas  
deintelnet@gmail.com

María Aldana  
Master en Cencías de la Comunicación  
maria.aldana.usac@gmail.com

## Resumen

El presente artículo describe brevemente los pasos a considerar para el desarrollo de una aplicación que sirva como herramienta auxiliar para el control del proceso de entrega de medicamentos.

El sector hospitalario es de importancia en todos los países ya que es el ente encargado de resguardar la salud de los ciudadanos, ya sea en las instituciones públicas o privadas. La falta de un proceso automático de control de medicamentos recetados, entregados y aplicados, genera los siguientes problemas: aplicación incorrecta de dosis y desajustes en el inventario de medicamentos.

Implementar una aplicación informática mejora el control de la entrega de medicamentos permitiendo tener un respaldo electrónico que agilice la búsqueda de los datos que sean requeridos. Ofrece la posibilidad de verificar las entregas y recepciones de medicamentos a las enfermeras y encargados de farmacia, guardando registros únicos de los eventos. El cálculo de los medicamentos a entregar se realiza automática y periódicamente para cada cambio de turno de enfermería y según el horario de entrega de medicamentos, pudiéndolo restringir con la ayuda de una base de datos de horarios.

## Palabras clave

Dosis, automatización, cálculo, control, registro.

## Abstract

This article briefly describes the steps to consider when developing an application that serves as an auxiliary tool for controlling medication delivery process. The hospital sector is important in all countries as it is the body responsible for safeguarding the health of citizens, whether in public or private institution. The lack of an automatic process control prescription medicines delivered and implemented, raising the following concerns: misapplication of dose and imbalances in the inventory of drugs. Implement a software application improves control of drug delivery may have an electronic backup to speed

the search for data that are required. It provides the ability to verify delivery and reception of medicines through the nurses and pharmacy managers, keeping unique records of events. The calculation of the drug to be delivered is performed automatically and periodically for each nursing shift change and according to the schedule of delivery of medicines, being able to restrict with the help of a database of schedules.

## Key words

Dosage, automation, calculation, control, record.

## Desarrollo del tema

Planteamiento del problema:

Santos & Pérez (2014) indican que “para garantizar el uso racional de los medicamentos en el hospital es necesario establecer medidas educativas y de selección, pero también medidas de control que garanticen el derecho de los pacientes a la mejor terapia cuando las primeras alcanzan su límite”. (p. 415)

Los problemas reconocidos por la falta de control de entrega de medicamentos se dividieron en:

Sociales:

- Posibilidad de pérdida de vidas humanas
- Bajo control de efecto de medicamentos

Tecnológicos:

- a) Falta de registro digital de entregas.
- b) Falta de historial de transacciones.
- c) Carencia de respaldo para aseguradoras.
- d) Falta de historial de consumos.

## Objetivo general

Mejorar el sistema de entrega de medicamentos por medio del desarrollo de una aplicación informática que realice el cálculo de la cantidad de fármacos que deben dispensarse para un paciente en un período determinado de tiempo con base a una orden médica.

## Objetivos específicos

Los objetivos que se buscan alcanzar con el desarrollo y documentación de este proyecto son:

1. Desarrollar aplicación informática que registre electrónicamente las entregas de medicamentos, personas involucradas y hora del evento.
2. Implementar el uso de huellas dactilares en el proceso de entrega de fármacos psicotrópicos o estupefacientes.
3. Restringir con auxilio de una base de datos de horarios, las entrega de medicamentos según áreas de enfermería.

## Desarrollo del tema

La abstracción es la acción y efecto de abstraer es una cualidad propia del ser humano; las personas son capaces de abstraer ideas y pensamientos de cosas u objetos que desconocen o no existen actualmente en su entorno.

En informática el término abstracción se refiere al acto de aislar un elemento de su contexto o del resto de elementos que lo acompañan, cuanto más compleja es una abstracción más fácil es comprender el entorno; si la abstracción es muy superficial es necesario saber más detalles para comprender lo que se quiere transmitir o dar a entender.

La arquitectura de software trata de crear una analogía entre los sistemas de información y objetos del entorno cotidiano, al mostrar las estructuras que estos los componen. Al crear una buena base o una estructura sobre un sistema de software, este sistema puede ser sólido y robusto; pero si se realiza una mala planificación, cuando se trate de realizar mejoras o aumentar la carga de un sistema éste no resistirá, puesto que no está preparado para esto.

Fielding(2000) describe la abstracción en tiempo de ejecución; ésta es necesaria para lograr realizar proyectos de éxito, ya que visualizar cómo trabajará finalmente un sistema permite visualizar los elementos con los cuales interactuará, las posibles mejoras que puede tener y sus limitaciones. En algunas ocasiones las mejoras hacen olvidar los objetivos principales de los proyectos.

Los elementos que conforman la arquitectura de software son tan diversos y complejos como puede llegar a ser la abstracción de la idea o bien la estructura misma. Cuando se habla de los elementos en la arquitectura de software hay que tomar en cuenta que estos elementos son todas las partes de la estructura misma, es decir, que los elementos pueden ser documentos que describen la idea, la toma de requerimientos y los requerimientos en sí, que dieron concepción a la primera idea sobre el sistema.

Estos elementos también toman en cuenta la ejecución y abstracción del sistema en tiempo de ejecución; puesto que mientras se ve la idea funcionando, se ve lo que es necesario agregar y cómo esto funcionará en el entorno.

La documentación es una parte muy importante a considerar en los sistemas, es un elemento que se desarrolla y se genera pensando en el producto final y la forma que éste tendrá; la documentación se realiza pensando en quién será la persona que la leerá, la persona que continuará el proyecto o que en un futuro la implementará o corregirá errores. Los elementos que forman parte de la estructura también son los datos de las personas involucradas en el proyecto y sus roles.

La primera etapa de desarrollo de la aplicación consistió en la toma de requerimientos, la cual documentó los procesos que actualmente se realizan, las personas involucradas en el proceso y su rol en el desarrollo normal y en las excepciones que se encuentran diariamente en el despacho y entrega de medicamentos.

Esta se realizó durante cuatro días ya que los turnos de trabajo de los involucrados son de 24 horas de trabajo por 48 horas de descanso. La toma de requerimientos se realizó por medio de las anotaciones realizadas con base en lo observado en el trabajo diario de un turno de trabajo de un encargado de farmacia y un encargado de enfermería, cómo desempeñan su trabajo individualmente y cómo interactúan entre sí.

En la segunda etapa, luego de recolectar la documentación necesaria completa del proceso, fue proceder al análisis de la información obtenida por medio del

estudio de casos; para este método se identificaron los puntos en los cuales se ha notado que hay fallos y se realizaron anotaciones de posibles soluciones. Se identificaron a los involucrados y se clasificaron los posibles flujos normales y los poco comunes.

En la tercera etapa fue necesario realizar una investigación de campo sobre las posibles soluciones que se aplicarían para determinar si serían viables en el momento de realizar un cambio y automatizar ciertos procesos o parte de los mismos.

Para la cuarta etapa, se realizó una propuesta escrita en la cual se enmarcaron los detalles de los cambios que se ejecutaron y la forma tentativa en la cual se modificaron los flujos y/o tiempos de ejecución de los procesos. Se documentaron casos de uso con los escenarios ideales y las excepciones. Los casos de uso fueron validados por los involucrados en cada parte del proceso, así como los coordinadores y supervisores de los mismos.

Elaborados los puntos de revisión en los cuales se podría visualizar el estado del sistema y la forma en la que se está ejecutando el proceso, se verá si todos los flujos funcionan correctamente o existe alguna anomalía.

Según lo observado en la toma de requerimientos, se desarrolló la descripción de las pruebas que se realizaron al sistema, los escenarios involucrados para las mismas y los criterios de aceptación para el funcionamiento óptimo. Se indicaron los pasos a seguir en caso de un mal funcionamiento del sistema o un fallo inesperado.

Se redactó la documentación que explica el funcionamiento y programación de la herramienta, así como las diferentes combinaciones de configuraciones que es posible realizar con la misma. Se desarrolló un manual de usuario incluido en la aplicación a manera de video, para que los usuarios puedan visualizar un tutorial que los guíe en caso de necesitar refuerzo o consulta sobre la forma adecuada de realizar algún procedimiento específico, siguiendo un flujo normal establecido.

Se documentaron los planes de contingencia y las herramientas con las cuales se cuenta para problemas externos que pueden afectar la ejecución adecuada de la aplicación desarrollada.

Al finalizar el desarrollo de la aplicación, se inició la fase de instalación y capacitación del personal, en la cual se mostró el rol que juega cada integrante en su interacción con la aplicación y los demás integrantes identificados en el proceso.

Se realizó la tarea de ejecución asistida en la cual se supervisó la forma de interactuar con el sistema y se auxilió en las dudas que surgieron sobre el mismo; junto con esta tarea se recolectaron los comentarios y sugerencias que puedan ayudar en la mejora del sistema para incluirlos en la fase de mejoras o futuras versiones, si nuevos requerimientos lo indicaran.

## Resultados obtenidos

Luego de la implementación de una aplicación para el control de entrega de medicamentos es posible observar resultados en las áreas de procesos, almacenamiento, mejoras en los resultados de pérdidas y mejoras en el control de inventarios.

Los resultados que se observaron en los procesos son referentes a los tiempos, como se muestra en la Tabla 1.

Anteriormente no se contaba con reportes sobre los medicamentos solicitados, entregados, recibidos, aplicados o los estados que los mismos tenían o el momento en el cual sucedían los eventos que los hacían cambiar de los estados. Contar con los datos permite crear reportes que pueden ser filtrados según la conveniencia del usuario que solicite los reportes.

**Tabla 1: Resultados de mejora en los tiempos de los ciclos**

| Procedimiento              | Tiempo total 1er ciclo | Tiempo total 2do ciclo | Tiempo total 3er ciclo | Tiempo total 4to ciclo | Tiempo total en 4 ciclos |
|----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| Vale manual de papel       | 20-60 minutos          | 20-60 minutos          | 20-60 minutos          | 20-60 minutos          | 80-240 minutos           |
| Ingreso enfermera graduada | 6,2-10,5 minutos       | 6,2-10,5 minutos       | 6,2-10,5 minutos       | 6,2-10,5 minutos       | 24,8-42 minutos          |
| Ingreso sistema automático | 6,2-10,5 minutos       | 3,3-5,6 minutos        | 3,3-5,6 minutos        | 3,3-5,6 minutos        | 18,6-27,3 minutos        |

Fuente: elaboración propia.

Ahorro en espacio de almacenamiento de vales de medicamentos de papel en el área de enfermería de las diferentes áreas de hospitalización y del área de farmacia o entrega de medicamentos.

## Discusión de resultados

Los tiempos mejoraron en los procesos de transcripción de orden médica, cálculo de medicamentos a solicitar, entrega/recepción de medicamentos y transcripción de cargos.

Los datos generados por el ingreso de la transcripción de órdenes médicas no saturan la capacidad de los servidores ni reducen los recursos de los mismos. El ingreso, manipulación, revisión, corrección y actualización de datos no disminuye el tiempo normal de trabajo, ni ocasiona ningún tipo de sobrecarga en la red instalada.

Considerando que no se realiza ninguna inversión en equipo nuevo o mejorar un equipo existente, el ahorro en impresiones puede cubrir el costo de inversión de desarrollo de la aplicación en cinco años.

**Tabla 1. Reporte de medicamentos**

| Medicamento         | Vía  | Hora de aplicación | Fecha   | Estado    |
|---------------------|------|--------------------|---------|-----------|
| Cefadroxilo 500 mg. | IV   | 00:00              | 16-7-14 | Aplicado  |
| Cefadroxilo 500 mg. | IV   | 08:00              | 16-7-14 | Aplicado  |
| Cefadroxilo 500 mg. | IV   | 16:00              | 16-7-14 | Omitido   |
| Cefadroxilo 500 mg. | Oral | 00:00              | 17-7-14 | Aplicado  |
| Cefadroxilo 500 mg. | Oral | 08:00              | 17-7-14 | Pendiente |

Fuente:elaboración propia.

## Conclusiones

1. La aplicación Dispensador de Medicamentos mostro ser una solución para la mejora en el flujo de la entrega de los medicamentos al realizar los procesos de solicitud, cálculo, entrega y recepción de medicamentos en un 67% a 70% más rápido.
2. Luego de la implementación de la aplicación Dispensador de Medicamentos fue posible recolectar datos de la entrega de medicamentos, personas involucradas y hora del evento.
3. Se implementó el uso de huellas dactilares en el proceso de entrega de fármacos psicotrópicos o estupefacientes con el hardware U.are.U 4500.
4. Se restringió los horarios de entrega de medicamentos utilizando una base de datos de horarios permitidos por área de enfermería.

## Recomendaciones

1. Que en los sistemas de control de medicamentos se tenga la intervención mínima posible en la entrega de los productos, solicitados y una revisión periódica de inventario.

2. Es necesaria la revisión constante de las entregas y el consumo de medicamentos para visualizar anomalías que puedan representar pérdida de medicamento.
3. Debe mantenerse siempre como prioridad en el desarrollo de aplicaciones para usos hospitalarios, el servicio al cliente que en este caso particular son los pacientes.
4. El registro de datos de los medicamentos consumidos puede generar información que se puede almacenar para tener un historial de consumos y predecir nuevos consumos.

## Bibliografía

- Fielding, R. T.(2015).Thesis Software Architecture. [en línea].<[http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/software\\_arch.htm](http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/software_arch.htm)>[Consulta: enero de 2015].
- Kolosov, Sergei; kalmikov, I.; Nefiodova, V. (1972)Elementos de automática. Unión Soviética: Editorial Mundo,398 p.
- Santos, B., Pérez, I. (2015).Farmacia hospitalaria: dispensación de medicamentos de especial control. [en línea]. <[http://www.sefh.es/directorio:/biblioteca/virtual/fhtomo1\\_archivo:cap2612.pdf](http://www.sefh.es/directorio:/biblioteca/virtual/fhtomo1_archivo:cap2612.pdf)>. [Consulta: febrero de 2015].
- Sommerville, Ian. (2011) Software engineering. 9a ed. Estados Unidos de Norte América: Editorial Addison-Wesley,792p.

# NAWOMUSIC, APRENDIENDO CON RITMO R-LEARNING: PLATAFORMA EN LÍNEA CON MELODÍAS QUE AUMENTAN LA CONCENTRACIÓN Y CAPACIDAD DE MEMORIZAR DE LAS PERSONAS

## Resumen

La música puede llegar a desarrollar las habilidades cognitivas de forma sorprendente y juega un papel importante a la hora de memorizar mientras se estudia. Estudios coinciden en que la música sirve como un alto estímulo en el desarrollo del cerebro, sobre todo cuando se emplea de manera frecuente (Rausher, 1993).

Con esta premisa se desarrolló una plataforma de contenido musical, con melodías que contienen características como ritmo, baja frecuencia y armonía. El proceso de selección de melodías fue a través de Matlab, una herramienta utilizada para el procesamiento de señales de frecuencia y representación por medio de espectrogramas.

Con las melodías seleccionadas se construyó un sitio web/móvil que alojó este contenido. El sitio denominado NawoMusic, es un proyecto desarrollado bajo el lenguaje PHP, con motor de base de datos MySql para el almacenamiento de la información y servidor de aplicaciones Apache, las características relevantes en esta plataforma van desde la usabilidad y ergonomía como atributos de calidad hasta la experiencia en la interacción.

Para comprobar la teoría de las habilidades cognitivas que se alcanzan al escuchar el tipo de melodías seleccionadas, se construyeron dos diferentes experimentos. El primer experimento consistía en el desafío de resolver un juego de rompecabezas en el menor tiempo posible con un entorno libre de ruido y en el segundo experimento se presentaba de igual forma otro rompecabezas con una imagen distinta, pero que debía ser resuelto en un ambiente con música, para lo cual al usuario se le presentaba el catálogo de melodías clasificadas y el siguiente paso era iniciar con el juego.

En conclusión, el experimento permitió visualizar claramente el nivel óptimo de concentración que los usuarios alcanzaron, el ritmo se utilizó para memorizar cada una de las piezas que se movían en el tablero de rompecabezas, evidentemente esto se hace de forma inconsciente, además de colaborar en el desarrollo del potencial creativo para descubrir posibles soluciones y resolver el juego.



Edwin Estuardo Zapeta Gómez  
Ingeniería en Ciencias y Sistemas  
estuardo.zapeta@gmail.com

José Ricardo Morales Prado  
Maestría en Formulación y Evaluación de Proyectos  
rmorales88@lycos.com

## Palabras clave

Melodía, frecuencia, amplitud, concentración, memorización, cognición, sitio web, usabilidad, streaming.

## Abstract

The music may develop cognitive skills surprisingly and plays an important role to memorize while studying, studies agree that music serves as a high stimulation in brain development, especially when used so frequent (Rausher, 1993).

With this premise, a platform of musical content was developed, with melodies that contain features such as rhythm, low frequency and harmony. The selection process was through melodies Matlab, a tool used for processing frequency signals and representation through spectrograms.

Selected melodies with a web / mobile site that housed this content is built. The site named NawoMusic, is a project developed under the PHP language with MySQL database engine to store data information and Apache server applications, the relevant features in this platform ranging from usability and ergonomics and quality attributes to experience in the interaction.

To test the theory of cognitive skills that are achieved by listening to the selected type of melodies, two different experiments were built. The first experiment involved the challenge of solving a puzzle in the shortest time possible with noise-free environment and in the second experiment was presented in the same way another puzzle with a different image, but that should be resolved in an environment with music, for which the user is presented classified catalog of melodies and the next step was to start the game.

In conclusion, the experiment allowed to clearly visualize the optimal level of concentration that users reached, the rate used to store each of the moving parts in the puzzle board, obviously this is done unconsciously, and works in the development of creative potential and to find possible solutions to solve the game.

## Keywords

Melody, frequency, amplitude, concentration, memory, cognition, website usability, streaming.

## Introducción

El presente documento describe la evolución del streaming y su aporte a la web en tiempo real, las tendencias del audio en la red, definición de algoritmos para la segmentación y clasificación de melodías y arquitecturas de sistemas multimedia, en relación a la descarga de contenido de audio o video y la retransmisión en directo a través de internet.

Primero se realiza el proceso de análisis musical en donde se evalúan las diferentes características que determinan el nivel de concentración y de memorización que aporta cada pista de audio y la selección a las que mejor se adapten. Posteriormente, se encuentra el análisis y diseño de la plataforma, donde se define la interfaz con aspectos importantes como la usabilidad del sistema que permitirá al usuario interactuar de manera rápida y sin complicaciones, la definición de la arquitectura web/móvil que se utilizó para el desarrollo de la plataforma y el fácil acoplamiento en cualquier tipo de dispositivo.

La presentación de los resultados consiste en obtener los datos en la experimentación de la música, esto consistió en la publicación de las melodías en la plataforma, para identificar el beneficio de las mismas, por medio de la resolución de un juego mental en dos entornos diferentes (con música y sin música).

Tomando como base diferentes investigaciones relacionadas a los aportes de la música, las nuevas innovaciones tecnológicas en el strea-

ming y los resultados obtenidos en el apartado anterior es confirmada la hipótesis de que el sistema auditivo está ligado a los procesos de atención y aprendizaje y que estos pueden ser explotados con las nuevas herramientas tecnológicas.

## Desarrollo

La creación, difusión y consumo de la música en internet ha venido evolucionando de forma relevante desde finales de los años 90, la propagación de la música online fue posible a través de los sistemas denominados "Peer to Peer" (P2P). Estos sistemas se desarrollaron con el objetivo de intercambiar todo tipo de información logrando la articulación de nuevas redes de distribución de contenido musical (Barbrook, 1998; Calvi, 2008; Oram, 2000; Shirky, 2000).

Napster fue el pionero en el sistema P2P, al alcanzar de forma acelerada en poco tiempo un volumen de usuarios bastante elevado, convirtiéndose en el portal de referencia mundial de acceso y descarga de música digital de forma libre y gratuita.

En conjunto con las tendencias de distribución libre y gratuita, se abrieron paso a nuevas plataformas para comercializar la música, tales como Musicnet.com, Pressplay.com, MP3.com, entre otros, de este modo, miles de nuevas aplicaciones y sistemas fueron y siguen siendo desarrollados por empresas, emprendedores, profesionales y usuarios en general, los cuales forman parte de esta cultura de Internet (Calvi, 2008). Actualmente existen aplicaciones web, de escritorio y móviles, que se encargan de la distribución y constante publicación de nuevo contenido musical, dentro de estas se encuentran: Spotify, SoundCloud, Rhapsody o SoundHound. La primera catalogada como una de las mejores aplicaciones en distribución de audio vía streaming, cuenta con una sección de canciones instrumentales con enfoque de lectura y estudio. Aunque su enfoque no es exclusivamente la publicación de este tipo de melodías, es la aplicación que muestra cierta similitud al proyecto que se propone, pero se debe mencionar el valor agregado que se ofrece con la plataforma que tiene una orientación al aprendizaje, a través de elevar el nivel de memorización.

El objetivo de esta sección es la segmentación del audio a través de las características que se dejan ver claramente en el análisis de las melodías, por medio de la transformada de Fourier.

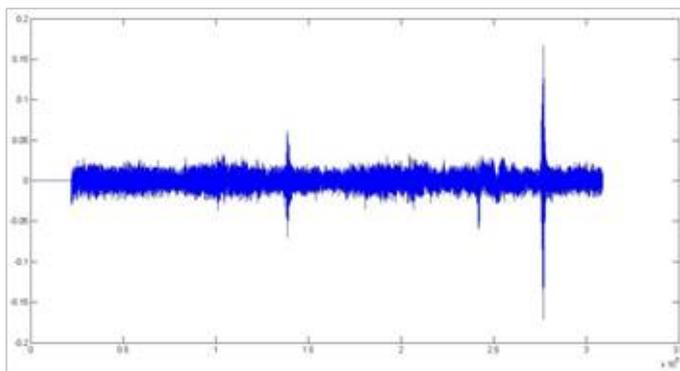
Para llevar a cabo un primer análisis, se tomaron los datos de la melodía así como la frecuencia de muestra, con lo que se obtiene la duración total de la melodía. Luego se selecciona el

tipo de inventariado que va ir recorriendo la serie temporal para calcular los armónicos, el tamaño de la misma y el porcentaje de amplitudes.

El programa Matlab desempeñó un papel importante en la clasificación de melodías en combinación con el concepto de Transformada de Fourier. Como una primera impresión de lo planteado se muestra la gráfica1, en donde se establece el uso del piano para el proceso de análisis.

En el espectro se ve claramente que la frecuencia es menos intensa y oscila en un rango de amplitud de 0.025 a 0.05. De acuerdo a la teoría de Veléz (2006) quien afirma que las bajas amplitudes colaboran en el relajamiento y logran que la información procesada sea asimilada muy rápidamente, ya que estimula las neuronas, es confirmada la teoría con el análisis expuesto en la gráfica 1.

**Gráfica 1. Espectrograma correspondiente a melodía interpretada con piano**



**Fuente: elaboración propia.**

La plataforma NawoMusic, es un proyecto desarrollado bajo el lenguaje PHP, con motor de base de datos MySQL para el almacenamiento de la información y servidor de aplicaciones Apache.

Las características relevantes en esta plataforma van desde la usabilidad y ergonomía, como atributos de calidad, hasta la experiencia en la interacción y la estructuración de los componentes en relación al rendimiento y requerimientos no funcionales del sistema.

Los elementos de la Figura 1, conforman la arquitectura y se encuentran definidos de la siguiente manera:

- La aplicación se encuentra alojada en un servidor web (Apache).
- El acceso es realizado por medio de cualquier navegador web.
- La plataforma puede ser accedida desde cualquier tipo de dispositivo, por medio de la tecnología responsive o web adaptativo (utilizando CSS3 media queries y un layout con imágenes flexibles).

- El sistema operativo del dispositivo no es relevante para la visualización del contenido.
- El sitio dispone de un conjunto de melodías que son reproducidas de acuerdo a las preferencias del usuario.

**Figura 1. Arquitectura de sistema de la plataforma NawoMusic**



**Fuente: elaboración propia**

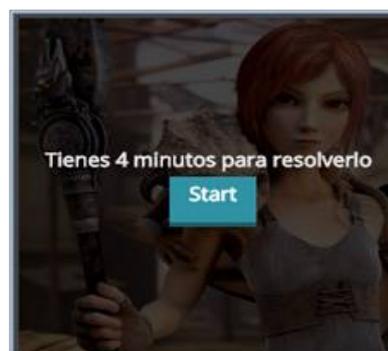
## Resultados obtenidos

Para determinar los beneficios de la música, se llevó a cabo un experimento que permitió evaluar la concentración de las personas en dos contextos diferentes.

En la plataforma musical NawoMusic, se diseñaron dos rompecabezas con diferentes imágenes. El objetivo de ordenar un rompecabezas es identificar las piezas que deben ir juntas y una característica importante es tener buena retentiva para recordar donde se deja la pieza que se necesita. Por otra parte, ejercita la memoria visual y la motricidad fina, por medio de la exploración y manipulación de las piezas.

La Figura 2 es una representación de uno de los rompecabezas que se debía resolver en al menos cuatro minutos.

**Figura 2. Tablero de rompecabezas**



**Fuente: elaboración propia**

Los resultados obtenidos en la realización del experimento permitieron identificar la efectividad de la música en la concentración, memorización y cognición. El experimento con música en comparación con el ambiente sin música, obtuvo un 53% de efectividad. Por consiguiente, se puede afirmar que el uso de la música con instrumentos musicales como violín o piano es efectivo para el aumento de concentración y permitió capturar el interés de los usuarios que exploraron la gama de melodías alojadas en plataforma NawoMusic.

La Tabla 1 muestra el total de resultados obtenidos para ambos experimentos (con música y sin música), el conteo de estos resultados es basado en el rango de tiempo de 1 a 40 segundos.

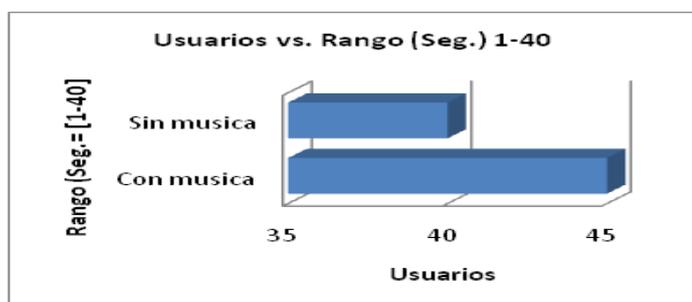
**Tabla 1. Resultados para ambos experimentos en un rango de tiempo de 1 a 40 segundos**

| AMBIENTE   | USUARIOS |
|------------|----------|
| Con música | 45       |
| Sin música | 40       |

Fuente: elaboración propia

La Figura 4, muestra gráficamente el resultado de los experimentos para el periodo de 1 a 40 segundos.

**Gráfica 2. Resultados para ambos experimentos en un rango de tiempo de 1 a 40 segundos**



Fuente: elaboración propia

## Resultados obtenidos

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por la revista de Ciencia y Tecnología realizada por Ordoñez, E. y otros (2011), en donde se tomó un conjunto de 22 canciones y se realizó el análisis espectral a través de Matlab y se pudo observar que la música clásica mostró amplitudes bastantes bajas en comparación con el género musical reggae, en definitiva y como conclusión del experimento realizado por la revista, este tipo de música colabora en el relajamiento, disminu-

yendo el estrés y realiza de mejor forma el procesado de información ya que estimula las neuronas.

Los resultados mostraron que las personas interactuaron sin ninguna dificultad al sistema por medio de cualquier dispositivo, haciendo uso del concepto de web adaptativa. Estos resultados van de la mano a la afirmación de Hassan Montero y Martin Fernández (2003), quienes indican que la usabilidad va íntimamente relacionada a la accesibilidad, ya que determina la facilidad de uso e interacción de los usuarios potenciales.

La arquitectura del sistema, probablemente el aspecto menos reflejado de forma visual por el usuario, se logró evaluar a través de la encuesta y los resultados evidenciaron claramente que la estructuración de los componentes permitió a los usuarios desplazarse por la aplicación de forma óptima, debido a la jerarquía de pocos niveles que evita la navegación innecesaria y la interacción inmediata. Con lo anterior se logra probar el estudio realizado por Folmer y Bosch (2003), quienes han investigado el hecho de que el diseño a nivel de arquitectura tiene una gran influencia en la usabilidad de la aplicación, además de que es el arte y la ciencia de organizar los espacios de información, estructuración, clasificación y rotulado del contenido como lo afirma Toub (2000).

## Conclusiones

1. La herramienta tecnológica que más aporte prestó al desarrollo del proyecto fue Matlab, bajo el concepto de Transformada de Fourier que permitió distinguir la frecuencia y la intensidad de diferentes notas producidas por diferentes instrumentos determinada por los armónicos.
2. En la clasificación, segmentación y búsqueda de patrones se identificó que las bajas frecuencias y amplitudes cortas colaboran en la relajación de las personas.
3. La simplificación y la facilidad de acceso permitió al usuario experimentar la usabilidad del sistema. El diseño ergonómico de la plataforma, permitió reforzar la credibilidad del proyecto.
4. El diseño de la arquitectura de sistemas adecuado para la plataforma incluyó el acceso multi-dispositivo ya sea PC o dispositivo inteligente para proveer sostenibilidad, escalabilidad y adaptabilidad a todos los formatos.
5. La tecnología más eficiente para implementar una aplicación móvil de distribución de melodías es media queries e instrucciones CSS para optimizar el

ancho de pantalla del dispositivo móvil mejorando el acceso a botones, menús y logos ya que todos los navegadores modernos soportan dicha tecnología.

5. Sánchez de Andrés , L. *Intercambios entre música, ciencia y tecnología*. Recuperado de [http://www.uam.es/proyecto\\_sinv/mcpsxx/intercambios.pd](http://www.uam.es/proyecto_sinv/mcpsxx/intercambios.pd)

## Recomendaciones

1. Se puede mejorar la detección de distintos patrones en la sección de segmentación de audio, existen otros algoritmos que pueden ser optimizados para alcanzar mejores resultados y agregar la selección de melodías a la plataforma para colaborar con el proyecto.

2. Se requiere de una estrategia innovadora que evalúe las melodías cargadas al sistema e identificar si contienen derechos de autor, en la red existen sitios con bases de datos de canciones con copyright, se recomienda hacer una búsqueda en la web que realice el proceso de filtrado.

3. El experimento realizado en la plataforma se llevó a cabo con un grupo de personas con rango de edades de 25 a 35 años, para obtener otra perspectiva de la investigación, el experimento

puede ser enfocado a un grupo objetivo distinto.

## Bibliografía

Calvi, J. (2010) . *Hacia la configuración de nuevos hábitos de creación, difusión y consumo cultural en red*. Recuperado de [http://rephip.unr.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/2133/1693/Trabajo%20Completo\\_%20PN48.pdf?sequence=1](http://rephip.unr.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/2133/1693/Trabajo%20Completo_%20PN48.pdf?sequence=1)

Delahay, F., De Régules, S. (2013). **El cerebro y la música**. Recuperado de <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/87/el-cerebro-y-la-musica>

De Castro Lozano, C. (2012). *El futuro de las tecnologías digitales aplicadas al aprendizaje*. RED , Revista de Educación a Distancia. Número 32. 30 de septiembre de 2012. Recuperado de <http://www.um.es/ead/red/32/carlos.pdf>

Jimenez Domingo, E. (2009). *Estudio e implementación de algoritmos genéticos para la generación semi-automática de ritmos y melodías* . Recuperado de [http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/6069/PFC\\_Enrique\\_Jimenez\\_Domingo.pdf?sequence=1](http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/6069/PFC_Enrique_Jimenez_Domingo.pdf?sequence=1)

## OPTIMIZACIÓN DE LA BÚSQUEDA DE INTERESES PERSONALES EN TWITTER UTILIZANDO MODELADO DE TÓPICOS

### Resumen

El objetivo de la optimización de la búsqueda de intereses personales en Twitter es útil para tomar ventajas competitivas a partir de la información que las personas proveen en las publicaciones que hacen. Se ha experimentado con el modelado de tópicos para analizar los tuits de las personas y extraer los intereses que expresan en sus timelines. Para determinar la eficacia y la eficiencia de este experimento, los resultados fueron evaluados por los mismos usuarios que examinaron los intereses obtenidos con la implementación Latent Dirichlet Allocation (LDA) del modelado de tópicos. Además, se obtuvieron métricas de desempeño del sistema al utilizar LDA. Más del 80% de los usuarios señalaron que la utilización del LDA produjo intereses personales válidos. Las métricas de sistema indican que esta implementación es viable en sistemas reales.

### Palabras clave

Búsqueda de intereses, redes sociales, Twitter, modelado de tópicos, LDA, Mallet, minado de datos, extracción de información, TF IDF, corpus, tópico.

### Abstract

The goal of the optimization of the pursuit of personal interests on Twitter is useful to take competitive advantages based on the information provided in the publications that make people. It has experimented with topics modeling to analyze the Tweets of people and extract the interests expressed in their timelines. To determine the effectiveness and efficiency of this experiment, the results were evaluated by users themselves who examined interests obtained with implementing Latent Dirichlet Allocation (LDA) modeling topics. Also, system performance metrics were obtained using LDA. more than 80% of users noted that the use of the LDA produced valid personal interests. The system metrics indicate that this implementation is feasible in real systems. Introducción

### Key words

Pursuit of interests, social networks, Twitter, modeling topics, LDA, Mallet, mined data, extracting information, TF IDF, corpus, topical.

Diversos estudios se han realizado en torno a la extracción de la información a partir de las redes sociales. Particularmente en Facebook, se han hecho esfuerzos para determinar la personalidad



Pedro Rafael Ruiz Porras  
Ingeniería en Ciencias y Sistemas  
pedro.rrp@gmail.com

Mtra. María Elizabeth Aldana Díaz  
Maestra en Tecnologías de la Información  
maria.aldana.usac@gmail.com

de las personas con fines aplicables al ambiente organizacional. Sin embargo, los resultados indicaron que las personas tienden a presentar una personalidad distinta en las redes sociales que en la vida real (Sumner, 2011). En Twitter, sin embargo, no existe este sesgo porque no se solicita información de perfil al usuario. El conteo de frecuencias ha sido aplicado a Twitter para obtener los intereses de sus usuarios. Pero esta técnica proporciona palabras individuales y puede arrojar falsos positivos al considerar palabras con frecuencias altas como un interés (Salton, 1988). Así, el modelado de tópicos, un algoritmo que determina las probabilidades de un tema (tópico) en un conjunto de textos (corpus), y la probabilidad de una palabra de un tópico en cualquiera de estos documentos, puede ser una opción distinta al conteo de frecuencias (Blei, 2003). Esta opción podría optimizar la búsqueda de intereses personales en Twitter.

Para determinar si el modelado de tópicos efectivamente optimiza el proceso de obtención de intereses personales en Twitter, se desarrolló un experimento que utiliza la implementación llamada Latent Dirichlet Allocation de la Universidad de Michigan. El experimento consistió en un prototipo programado con herramientas de código abierto que a partir de un listado de 27 usuarios de Twitter, produjo un listado de intereses personales para cada una de estas cuentas. Estos resultados fueron examinados por los usuarios quienes determinaron la calidad de los intereses obtenidos. Adicionalmente, se instrumentó el código para determinar la eficiencia de la aplicación de LDA en términos de recursos del sistema.

La optimización de este proceso es útil para apli-

caciones comerciales, profesionales, o culturales (Edosomwan, 2011). La obtención de intereses personales permitiría comercios focalizados, mejoras en el proceso de reclutamiento de personal, o la agrupación de personas con intereses culturales afines para movimientos sociales o artísticos, por mencionar algunos ejemplos.

## Desarrollo del tema

Se llevó a cabo una investigación experimental, descriptiva y cualitativa, ya que se elaboró un prototipo con el que se realizaron varios experimentos que contrastaran el algoritmo de conteo de frecuencias versus el modelado de tópicos. Se describieron las mejoras obtenidas en términos de memoria volátil, tiempo de respuesta y uso de procesador. Los intereses obtenidos fueron evaluados mediante una encuesta en la que los usuarios indicaron cuál de los algoritmos produjo mejores resultados.

El prototipo fue desarrollado en Java en el IDE Eclipse, de Oracle. Se utilizó la librería Twitter4J que encapsula la Twitter API para descargar los timeline de los usuarios analizados. Las librerías Mallet, de la Universidad de Michigan y Jate, fueron las implementaciones de LDA y TF IDF respectivamente; estas fueron utilizadas para la extracción de la información.

Los experimentos realizados fueron:

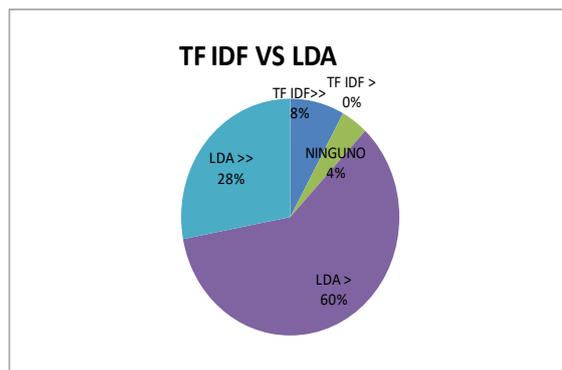
1. Obtención de intereses personales con LDA vs TF IDF.
2. Obtención de intereses personales con LDA filtrando re tuits, enlaces, y menciones, versus analizando todo el timeline como tal.
3. Obtención de intereses personales con LDA pre procesando los tuits removiendo palabras de parada, versus el análisis de LDA tomando en cuenta todas las palabras.
4. Medición de uso de memoria volátil, tiempo de respuesta, y uso de procesador aplicando LDA y TF IDF en 27 cuentas de Twitter.

Los resultados de los experimentos 1 al 3 fueron compilados en una encuesta personalizada para cada usuario. Los usuarios categorizaron los intereses producidos en escalas que indicaban la calidad de los resultados.

## Resultados obtenidos

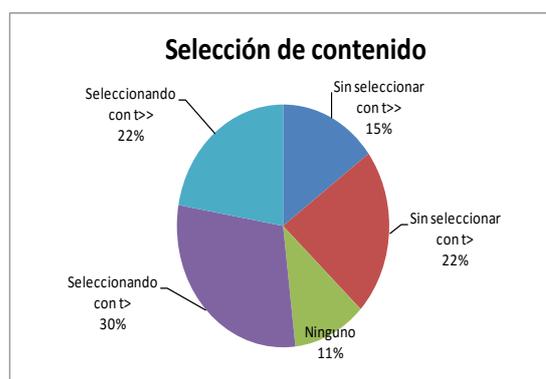
Más del 80% de los usuarios se inclinaron por el algoritmo LDA como el que mejores intereses personales obtiene (Gráfica1).

**Gráfica 1: Comparación resultados entre LDA y TF IDF**



Fuente: elaboración propia

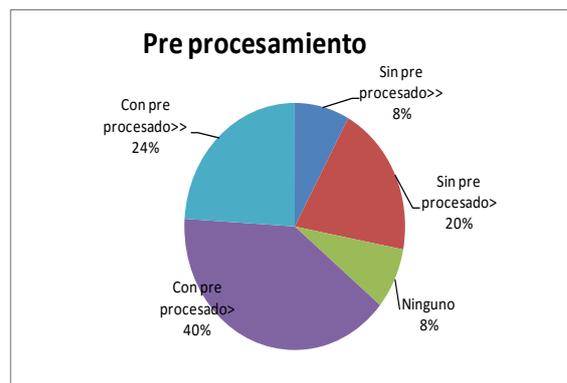
**Gráfica 2: Análisis cualitativo de seleccionar contenido específico**



Fuente: elaboración propia.

En cuanto a seleccionar el contenido específico de Twitter, el 32 % de los usuarios señalaron que el contenido específico es más útil para el proceso.

**Gráfica 3. Análisis cualitativo de pre procesar el timeline**



Fuente: elaboración propia.

En relación con pre procesar los tuits, en la Figura 3 se observa que el 48% de los usuarios se inclinaron evaluar el pre procesado de tuits como una técnica que mejora el proceso de obtención de intereses personales. En cuanto a métricas del sistema, en la Tabla 1 se observa que LDA es más eficiente en cuanto al uso de memoria volátil, pero TF IDF tiene mejores tiempos de respuesta y uso de procesador.

**Tabla 1: Métricas de desempeño del sistema**

|                          | LDA                                  | TF IDF                                     |
|--------------------------|--------------------------------------|--|
| RAM (MB)                 | 402 promedio<br>180 desv. Est.       | 419 MB<br>promedio<br>176 MB desv.<br>Est. |
| Tiempo de respuesta (ms) | 24.000 promedio<br>11.000 desv. Est. | 646 ms<br>promedio<br>559 ms desv.<br>Est. |
| CPU (% de uso aprox)     | 25%                                  | 20%  |

Fuente: elaboración propia

## Conclusiones

1. El diseño que optimiza la búsqueda de intereses personales en Twitter, debe incluir la comunicación a la red social con la Twitter API, un proceso para filtrar y preparar los tuits, y una librería que implemente el modelado de tópicos.
2. El algoritmo de búsqueda de temas que es más eficiente para encontrar intereses personales en Twitter es el modelado de tópicos.
3. El contenido de Twitter con las características relevantes para el análisis de modelado de tópicos debe ser original, sin enlaces, re tuits, o menciones. Esto es particularmente cierto cuando los usuarios publican actualizaciones originales y no hacen uso del contenido mencionado para expresar sus intereses.
4. Las técnicas de pre procesamiento de tuits que optimizaron la búsqueda de intereses personales incluyen convertir todo el texto a minúsculas y remover las palabras de parada como conectores, prefijos, sufijos, conjunciones, interjecciones, artículos y palabras similares.
5. Se evaluó la eficiencia en la utilización de recursos de sistema entre el modelado de tópicos versus el conteo de palabras frecuentes para encontrar intereses personales en Twitter, y se encontró que el modelado de tópicos es más eficiente en términos de memoria volátil y utilización del procesador al compararlo con el algoritmo de conteo de frecuencias. Sin embargo, el modelado de tópicos posee tiempos de respuesta que son 100 veces más altos. La calidad de los resultados compensa la velocidad de procesamiento.

## Recomendaciones

1. Utilizar la computación masiva con base en humanos para interpretar los sentimientos y el sarcasmo de las personas a partir de los conjuntos de palabras obtenidos con modelado de tópicos. Por ejemplo, plataformas como Duolingo o Mechanical Turk de Amazon, hacen uso de la computación masiva con base en humanos para obtener resultados que las máquinas no obtienen.
2. Utilizar código UTF-8 para guardar las pa-

labras de parada con acento. De lo contrario, el dominio de caracteres fallará en encontrar dichos acentos en las palabras. Es importante considerar que las lenguas latinas (español, francés y portugués) hacen uso de estos caracteres especiales.

3. Esta investigación fue realizada con 27 usuarios. Es un número de muestra útil para investigaciones académicas, pero quizás podría agregarse valor si se considerara una muestra más grande, aunque esto supondría una automatización en la evaluación de los resultados.
4. En este trabajo de graduación, las evaluaciones se hicieron por medio de encuestas, elaboradas individualmente por el investigador. Para una muestra considerablemente alta, las encuestas debieran generarse automáticamente.
5. Los intereses personales buscados con el modelado de tópicos no estaban enfocados en ningún producto, servicio, organización u objetivo en específico. Una aplicación en la vida real podría incluir intereses objetivos o dirigidos. La herramienta podría especializarse para cualquiera de los tres ámbitos propuestos: comerciales, profesionales y organizacionales.

## Bibliografía

- Blei, D., Ng, A., and Jordan, M. (2003). *Latent Dirichlet allocation*. Journal of Machine Learning Research, 3:993–1022.
- Edosomwan, S., Prakas an, S., Kouame, D. (2011). *The history of Social Media and its Impact on Business*. The Journal of Applied Management and Entrepreneurship, 16(3), sp.
- Forss, T., Liu, S., Bjork, K. (2014) *Extracting People's Hobby and Interest Information from Social Media Content, Terminology and Knowledge Engineering 2014*, Jun 2014, Berlin, Germany, pp 9 .
- Salton, G. Buckley, C. (1988) . *Term-Weighting Approaches in Automatic Text Retrieval*, Manchester, Reino Unido, Elsevier.
- Sumner, C., Byers, A., Shearing, M. (2011). *Determining personality traits & privacy concerns from Facebook activity*, sp, *The Online Privacy Foundation*, recuperado de <https://www.onlineprivacyfoundation.org/research/personality-facebook/>(Abril de 2015)



**FACULTAD DE  
INGENIERÍA - USAC**



**ESCUELA DE  
ESTUDIOS DE POSTGRADO**