

# REVISTA

DE LA ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

# 2017

FACULTAD DE INGENIERÍA  
GUATEMALA. AÑO 8, NÚMERO 1

ISSN 2518-4725.





---

## **EDITORIAL**

---

Revista de la Escuela de Estudios de Postgrado

Año 8. Número 1

Escuela de Estudios de Postgrado

Universidad de San Carlos de Guatemala,

Edificio S11, Primer nivel, Ciudad Universitaria, zona 12

---

### **Coordinación Facultad de Ingeniería**

Mtro. Murphy Olympo Paiz Recinos

#### **Director**

Dra. Mayra Virginia Castillo Montes

#### **Editora**

Ing. René Oswaldo Monge López

#### **Asistente de Dirección**

María Isabel García Avila

#### **Diseño y Diagramación**

---

### **Impreso**

#### **Revista anual**

Tiraje 500 ejemplares

## **Autoridades de la Facultad de Ingeniería**

Mtro. Pedro Antonio Aguilar Polanco, DECANO

Mtra. Lesbia Magalí Herrera López, SECRETARIA ACADÉMICA

Lic. Oswaldo Meléndrez Gatica, SECRETARIO ADJUNTO

## **Junta Directiva**

Mtro. Pedro Antonio Aguilar Polanco, DECANO

Mtro. Ángel Roberto Sic García, VOCAL I

Ing. Pablo Christian de León Rodríguez, VOCAL II

Ing. José Milton De León Bran, VOCAL III

Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez, VOCAL IV

Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez, VOCAL V

## **Escuela de Estudios de Postgrado**

Mtro. Murphy Olympo Paiz Recinos

**Director**

## **Consejo Editorial**

---

Mtro. Murphy Olympo Paiz Recinos

Dra. Mayra Virginia Castillo Montes

Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque

Mtra. María Elizabeth Aldana Díaz

Dra. Alba Maritza Guerrero Spinola

Mtro. Pedro Miguel Agreda Girón

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

---

**MISIÓN**

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**

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.

---

**ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

---

**MISIÓN**

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**

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 Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería presenta veinte artículos distribuidos de la siguiente forma: tres en el Área de Gestión Industrial, nueve en el área de Desarrollo Socio – Ambiental y Energético; cuatro en Infraestructura y cuatro en el Área de Transferencia Tecnológica. Todos reflejan el impacto en el medio ambiente.

Las Buenas Prácticas de Manufactura, el mejoramiento continuo, el análisis de la eficiencia energética llevada a energía renovable, son temas que conducen a la calidad, sus principios y aplicación, generan la importancia de esta técnica gerencial que con su aplicación puede contribuir grandemente a mejorar las debilidades y afianzar las fortalezas de una empresa ya sea pública o privada.

Por otra parte, el impacto de la aplicación de la energía eléctrica en sus diferentes conceptos como lo son: paneles solares, hidroeléctricas, procesos de secado solar, uso de biocombustible, refinación térmica, entre otros temas desarrollados en esta área, permiten conocer el impacto que tiene el uso de diferentes recursos reflejados en el medio ambiente.

El Área de Infraestructura presenta temas como comparación de diferentes espesores de losa de pavimento, caracterización de la roca para cimentación, diseño de edificios de acero; en los que se observa el impacto que representa el análisis de materiales en la industria y la construcción, y el aporte que se genera mediante la actualización del reglamento de pesos y dimensiones de vehículos automotores.

Finalmente, en el Área de Transferencia Tecnológica se presentan temas como microservicios, algoritmos genéticos aplicados al tráfico vehicular, información operativa para plantas generadoras hidroeléctricas, sistemas de información para el control de inventarios. Amplio es el esquema de trabajo que generan las nuevas tecnologías y su aplicación a los medios informáticos.

Los resultados reflejan el grado de formación académica que brinda, y la importancia de la responsabilidad del profesional al asumir los retos de la investigación para generar productos, proyectos y servicios de impacto nacional.

Felicito a los veinte maestros que realizan sus publicaciones en el Volumen 8, correspondiente al 2017, incentivando a continuar con las investigaciones que permitan generar mejores condiciones para el medio ambiente ya que en cada área se refleja el impacto de los recursos en las diferentes áreas de aplicación y de acción.

Un ¡adelante! a los nuevos investigadores y futuros maestros para realizar investigaciones de la calidad con la que han sido presentados los resultados en esta importante revista.

**Mtro. Pedro Antonio Aguilar Polanco**

---

Decano  
Facultad de Ingeniería

---

## ÍNDICE

---

### ARTÍCULO DE LA DIRECCIÓN

- Tecnología y desarrollo: resortes para el fortalecimiento de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.  
Mtro. Murphy Olympo Paiz Recinos ..... 08

### ARTÍCULOS DEL ÁREA DE GESTIÓN Y SERVICIOS

- Las buenas prácticas de manufactura -BPM- como herramienta de calidad en la cafetería de la municipalidad de Guatemala, para garantizar la inocuidad de los alimentos.  
Mtra. Yeniffer Astrid Waleska Argueta Girón ..... 13
- Aplicación de un modelo basado en el mejoramiento continuo de la calidad (MCC), en los procesos de limpieza y desinfección utilizados en la Dirección de Salud y Bienestar Municipal.  
Mtro. Gerald Dean Andersson Argueta Girón ..... 17
- Análisis de eficiencia energética de un sistema fotovoltaico, conectado a la red para la generación de energía renovable, en una planta de fabricación de muebles.  
Mtro. Jorge Alberto Monnéy Alvarez ..... 21
- Elaboración y aplicación del programa de adiestramiento en el trabajo a nivel 1 y 2 del mantenimiento, en el campo de la Aviación Gubernamental de Guatemala.  
Mtro. Carlos Martín Suarez Barona ..... 25

### ÁREA DE DESARROLLO SOCIO-AMBIENTAL Y ENERGÉTICO

- Manejo adecuado de los desechos sólidos por medio de un tren de aseo en el casco urbano del municipio de Patzicía, departamento de Chimaltenango.  
Mtro. Gilmar Estuardo Morales Ruiz ..... 31
- Tratamiento primario de los residuos sólidos provenientes de las fotoceldas utilizadas en los sistemas de alumbrado público.  
Mtra. Tannia Magaly de León Morán ..... 35
- Optimización del proceso de secado solar de leña para su uso como biocombustible.  
Mtro. Carlos Alejandro Alegre Ordóñez ..... 39
- Diseño de tanque de captación y tratamiento de agua en Casillas, Santa Rosa.  
Mtra. Magda Dinora Hernández Choc ..... 43
- Suministro de energía eléctrica con paneles solares individuales a la aldea Serranx, Livingston, Izabal.  
Mtro. Benedicto Estuardo Martínez Guerra ..... 47
- Análisis de proyectos hidroeléctricos mediante técnicas geo-espaciales con enfoque integral en la microcuenca del río Bonito, Izabal.  
Mtro. Iván Antonio Salazar Sosa ..... 51

---

## ÍNDICE

---

Calidad de potencia energética de la línea de transmisión Escuintla – Guate Sur circuito I de 230 kilovoltios  
Mtro. Erwin Armando Girón Girón ..... 55

Caracterización técnica de la hidrosiembra con mulch de refinación térmica para el control de erosión y  
arrastre de sedimentos en taludes de corte y relleno de proyectos de infraestructura.  
Mtro. Mario Alberto Fong García ..... 59

### ÁREA DE INFRAESTRUCTURA

Estudio comparativo de diferentes espesores de losa de pavimento para la ruta nacional 7E tramo I, San  
Julián–Tamahú.  
Mtra. Luis Alfredo Ochoa Marroquín ..... 65

Caracterización física y geológica de la roca para cimentación del nuevo puente “Los Esclavos”, kilómetro  
66+400 carretera CA-01 oriente, municipio de Cuilapa, departamento de Santa Rosa.  
Mtra. Lisza María Acevedo Castañeda ..... 69

Actualización del reglamento de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones  
(Acuerdo Gubernativo 1084-92).  
Mtro. Marco Tulio Salguero Hernández ..... 73

### ÁREA DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Diseño e implementación de una arquitectura escalable basada en microservicios para un sistema de  
gestión de aprendizaje.  
Mtro. José Manuel De Paz Estrada ..... 79

Algoritmos genéticos aplicados al tráfico vehicular de la Ciudad Capital de Guatemala para búsqueda  
de rutas alternas eficientes que apoyen el reordenamiento vial.  
Mtro. Christopher Emanuel Santisteban González ..... 83

Diseño de un sistema de información operativa para plantas generadoras hidroeléctricas que ofertan en  
el mercado mayorista de Guatemala.  
Mtro. Jorge Luis Quemé Pac ..... 87

Implementación de un sistema de información para el control de inventario enfocado a pequeñas y me-  
dianas empresas comerciales en el departamento de Izabal.  
Mtro. Erick Estuardo Álvarez Ramírez ..... 91

### CONTRIBUCIONES DE OTRAS FACULTADES

Indicadores de eficacia para las Escuelas de la FIUSAC en el período 2005 al 014 y medición de indica-  
dores de la Escuela de Ingeniería Civil.  
Dr. José Alfredo González Díaz ..... 97



---

## TECNOLOGIA Y DESARROLLO: RESORTES PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

---

**Murphy Olympo Paiz Recinos**

Mtro. en Docencia Universitaria

Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería

paizmurphy@gmail.com

Desde la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se asume el compromiso por la innovación tecnológica, pensando que desde los estudios de maestría, del doctorado y de cursos de especialización, es posible ahondar en el conocimiento de diferentes especialidades que abran el camino de una mejor Universidad, que esté al servicio de los profesionales y de la sociedad guatemalteca.

En este sentido, de acuerdo con Castells (1998), (...) en el último cuarto del siglo veinte, una revolución tecnológica, centrada en torno a la información, ha transformado nuestro modo de pensar, de producir, de consumir, de comerciar, de gestionar, de vivir, de morir, de hacer la guerra y hacer el amor. En todo el planeta se ha constituido una economía global, una cultura de la virtualidad real, espacio y tiempo se han transformado. En torno a la identidad primaria se construyen expresiones de resistencia social a la lógica de la informacionalización, creando comunidades defensivas (p. 25).

En este mismo marco de ideas, Gates (2017) ha dado a conocer el programa *Potenciar la Educación a través de la Innovación*, en el cual se hace énfasis en transformar la forma como se imparten las clases y en el ámbito propiamente de la educación superior destacan la intención de que el “éxito universitario tiene como finalidad aumentar el número de jóvenes que obtengan un título universitario atractivo al mercado laboral.” (párr. 7). Lo

cual se ha convertido a nivel mundial, en uno de los problemas centrales de los graduados de los centros de educación superior, particularmente en el medio guatemalteco.

De ahí la importancia que a través de los estudios de postgrado, especialmente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se promuevan no sólo maestrías y un doctorado, sino cursos de especialización que le den más oportunidades de empleo profesional a cientos de jóvenes que aspiran a una vida con dignidad.

Todo esto significa que se está observando una nueva forma de vida en la tierra, dado que el conocimiento se erige en factor fundamental de la economía, de la educación y de la organización social. Y por lo tanto se vive en una sociedad que ya es tipificada como sociedad de la información, sociedad en red, sociedad digital, cibersociedad. O sea, una sociedad en la que el conocimiento se constituye como el recurso básico para los individuos, para la economía y por lo tanto, son sociedades que buscan respuestas nuevas del sistema educativo, enfatizando en este caso, una renovación sustantiva de la oferta académica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que cumpla con las expectativas de los profesionales en formación.

En este sentido, se considera que desde los postgrados, se puede ahondar mucho más en esta línea de acción, formando competencias especializadas acordes al desarrollo de la sociedad y a la dinámica de la productividad.

Algunos autores afirman en calificar este nuevo escenario como la tercera revolución de la humanidad, precedida antes por la revolución del fuego, la revolución industrial. Por ende, es una revolución que tiene su base en la tecnología. O sea, ahora más que nunca la educación es el camino clave o la condición decisiva de participar en el mundo o quedar excluidos. Y es que ahora, las fuerzas productivas tienen que estar altamente cualificadas, ser creativas. Pero además, la educación superior tiene que fortalecer los grandes ideales educativos como el cultivo de búsqueda de la verdad, de la belleza y de las virtudes que ennoblecen al ser humano, a partir de las nuevas formas de conocer y aprender.

Por lo tanto, habrá que tomar en cuenta que en una sociedad como la guatemalteca, se deben tener respuestas inteligentes e imaginativas frente a los avances de la ciencia y la tecnología y de la dinámica económica, social y cultural.

En este sentido, se entiende como sociedad de la información, aquel sistema social basado en el soporte de las nuevas tecnologías que facilita el acceso a todo tipo de información. Por otro lado, la sociedad del conocimiento se refiere a la capacidad de acceder a esa información y de otorgarle un significado, es decir, la capacidad de transformar la información en conocimiento. La sociedad del conocimiento reclama la sociedad del aprendizaje, es decir, reclama la capacidad de localizar, comprender, analizar, aplicar y relacionar.

Todo lo indicado está basado en la apreciación de que los desarrollos científicos y tecnológicos están íntimamente vinculados entre sí y con otros actores. Estas interrelaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente, forman una unidad inseparable que actualmente está ligada directamente con la educación. Así, hoy día la vinculación entre científicos, tecnólogos, ingenieros, empresarios y políticos se ha designado con el término de tecnociencia.

Con la tecnociencia se transforman las sociedades, porque es una mezcla entre cultura científica, cultura de ingenieros y cultura política y empresarial. O sea, con la tecnociencia se indica que la ciencia

y la tecnología han llegado a ser prácticamente inseparables en la realidad.

Todo esto significa que esta revolución tecnológica, tiene sus implicaciones en la educación que genera un cambio cualitativo y cuantitativo. Una de las características más sobresalientes es el hecho que se deben potenciar y enseñar unas habilidades concretas como, por ejemplo, el manejo de las nuevas tecnologías, el trabajo en equipo, la flexibilidad, la responsabilidad, entre otros. Se trata de formar competencias para la sociedad del conocimiento, tales como competencias en matemáticas, ciencia y tecnología, las lenguas extranjeras, y en la utilización de la tecnología para aprender a aprender, competencias sociales, espíritu empresarial, emprendimiento y cultura general.

En síntesis, la sociedad del conocimiento, según Domínguez (2002), no solamente requiere que las personas sepan procesar esa información para definir estrategias de solución, sino que demanda competencias de adaptación, de transferencia, de creatividad y de solución de problemas a nuevas situaciones, a nuevos contextos, a nuevas situaciones cambiantes y más complejas y, sobre todo, aprender a aprender. Así como aprender a hacer, para que el estudiante pueda poner en práctica sus conocimientos y al mismo tiempo adaptarse a los mercados del futuro.

Finalmente, la sociedad guatemalteca debe aspirar a constituirse en una sociedad del conocimiento, en la cual, la Universidad de San Carlos de Guatemala tiene un gran compromiso y de manera particular los estudios de postgrado ya que posibilita la vía académica de profundizar en los diferentes conocimientos.

Como enuncian Ruiz et al (2010), “La transformación del país debe encaminarse hacia el logro de un desarrollo social, económico, político y cultural que sea más justo, equitativo y democrático.” (p. 210). Con la intención de contribuir a una transformación sustancial de la sociedad en la que el conocimiento constituya un eje medular, en el sentido que las instituciones educativas deben ser consideradas como

una de las fuentes que contribuyen de forma significativa al desarrollo de la innovación científica y tecnológica, bajo el principio que en los procesos de innovación, nadie debería quedar excluido.

El éxito nacional para ser mejor calificados a nivel internacional depende de la capacidad tecnológica, de la innovación, de la investigación científica, que faciliten el desarrollo del conocimiento en los centros de educación superior, lo cual permitirá el acceso a un gran mercado en expansión y la capacidad de las instituciones nacionales para orientar el proceso de crecimiento económico con equidad.

Por lo tanto, la inversión en la formación de recursos humanos, desde la Universidad de San Carlos de Guatemala, especialmente de lo que hagan los estudios de posgrado, facilitará que las redes de educación e información, se conviertan en las columnas centrales y fundamentales en la creación de una sociedad innovadora.

### **Referencias bibliográficas**

- Castells, M. (1998). La era de la información: economía, sociedad y cultura. Editorial Alianza, España.
- Domínguez, G. (2002). Retos educativos para la próxima década en la Unión Europea y sus implicaciones organizativas. Editorial Univer Navarra, España.
- Gates, B. (4 de noviembre de 2017). El hombre más rico del mundo apuesta por la innovación educativa. El Periódico. Recuperado de <https://elperiodico.com.gt/domingo/2017/11/05/el-hombre-mas-rico-del-mundo-apuesta-por-la-innovacion-educativa/>.
- Ruiz, R., et al. (2010) Innovación en la educación superior. Hacia las sociedades del conocimiento. Primera edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.



# GESTIÓN Y SERVICIOS

---

GESTIÓN INDUSTRIAL ■ INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO



---

## LAS BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA -BPM- COMO HERRAMIENTA DE CALIDAD EN LA CAFETERÍA DE LA MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA, PARA GARANTIZAR LA INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS

---

**Yeniffer Astrid Waleska Argueta Girón**

Mtra. en Gestión Industrial  
yeniffer\_argueta@outlook.com

**Adolfo Narciso Gramajo Antonio**

Asesor  
Dr. en Química Orgánica  
wea\_consultores@yahoo.com

### Resumen

El trabajo de investigación se realiza con el fin de garantizar el proceso de inocuidad de los alimentos que se preparan y sirven en la cafetería de la Municipalidad de Guatemala, aplicando Buenas Prácticas de Manufactura -BPM- como una herramienta de calidad. El trabajo de investigación se desarrolla en tres fases: 1) Descripción del estado situacional del área de proceso de la cafetería de la Municipalidad de Guatemala, 2) Diseño del “Manual de Buenas Prácticas de Manufactura” y 3) Análisis de la relación entre la utilización de las BPM y la carga microbiana.

Como resultado final se establece que al utilizar adecuadamente el Manual de BPM se incrementa el porcentaje del cumplimiento de las actividades, de un 43.7% a un 64.0%; obteniéndose una reducción en la carga microbiana. Como conclusión, se puede indicar que al utilizar las BPM, se consigue garantizar la producción de alimentos inocuos.

### Palabras clave

Buenas Prácticas de Manufactura, alimento inocuo, carga microbiana, Manual de BPM.

### Abstract

*The purpose of this work is to ensure the process of food safety for food preparation and serving in the Cafeteria of Guatemala City Hall applying Good Manufacturing Practices -GMP- as a tool of quality. This proposal comprises three phases: 1) State of art of the current food process in the Cafeteria of the Guatemala City Hall, 2) Design of “Handbook of Good Manufacturing Practices” and 3) Analysis of the relationship between the utilization of the GMP and bioburden.*

*The result is that using the Handbook of GMP appropriately increases the percent of fulfillment activities from 43.7 % to 64% obtaining a reduction in bioburden. Therefore, it indicates that using the GMP can guarantee the production of food safety.*

### Keywords

*Good Manufacturing Practices, food safety, bioburden, Handbook of GMP.*

## Introducción

La cafetería de la Municipalidad de Guatemala, no dispone de las Buenas Prácticas de Manufactura -BPM- como una herramienta de calidad para producir alimentos inocuos. Por lo que, el objetivo de la investigación es garantizar la inocuidad de los alimentos, mediante las -BPM-.

El aporte de la investigación es el diseño de un Manual de Buenas Prácticas de Manufactura, para la cafetería de la Municipalidad de Guatemala, a fin de garantizar la inocuidad de los alimentos, en el cual, se establecen lineamientos de recepción, almacenamiento, limpieza y desinfección de materia prima; lineamientos generales para la preparación de alimentos; criterios de calidad con respecto a la carga microbiana, entre otros.

## Desarrollo del estudio

Para realizar el trabajo de investigación, primeramente se describe el estado situacional del área de procesos de la cafetería de la Municipalidad de Guatemala. Se emplea una encuesta, observación directa estructurada utilizando una lista de chequeo, análisis microbiológicos y se aplica un diagrama de Ishikawa.

Los aspectos evaluados en la descripción del estado situacional son: 1) Control de producción de alimentos, en donde se observa desde cómo se limpia y desinfecta la materia prima hasta que los alimentos son servidos a los comensales. 2) Se revisa el estado de los equipos y utensilios que se emplean en la cafetería inclusive el lugar donde son almacenados. 3) En este aspecto se evalúa el manejo de control de enfermedades, así como el uso del uniforme y equipo de protección; asimismo, se evalúa la higiene personal. 4) Se observan las actividades de limpieza y desinfección, el abastecimiento de agua y los puntos de acceso a la cafetería para determinar si eran puntos de contaminación.

En la segunda fase se diseña el Manual de Buenas Prácticas de Manufactura, con base en los datos obtenidos en el estado situacional.

En la última fase se efectúan observaciones directas estructuradas utilizando la lista de chequeo empleada para realizar la descripción del estado situacional y se realizan otros análisis microbiológicos.

## Resultados obtenidos

La tabla I presenta el nivel de cumplimiento de las actividades de las Buenas Prácticas de Manufactura, en donde a cada aspecto evaluado se le asigna un puntaje del 25 %.

Tabla I. *Cumplimiento de las actividades de las BPM antes y después de aplicar el Manual.*

Aspecto evaluado de las BPM	Valor de los aspectos evaluados de las BPM (%)	Cumplimiento de las BPM (Antes) (%)	Cumplimiento de las BPM (Después) (%)
Control de producción de alimentos	25	14.3	16.1
Equipo y utensilios	25	5.0	15.0
Higiene personal	25	12.5	18.8
Medidas de saneamiento	25	12.0	18.8
<b>Total</b>	100	43.7	64.0

La tabla II presenta un resumen comparativo de los análisis microbiológicos realizados, y si la muestra es aceptada, según el Reglamento Técnico Centroamericano, RTCA 67.04.50:08 inciso 17.2 para los análisis de alimentos. Con respecto a los análisis microbiológicos de superficies de trabajo y manos de los trabajadores se utilizan los límites aceptables de US Public Health Service.

Tabla II. *Resumen de los análisis microbiológicos antes y después del BPM.*

Aceptación del nivel de microorganismos				
Tipo de análisis microbiológico	Lugar de muestreo	Antes del Manual de BPM	Después del Manual de BPM	Norma de referencia
Análisis microbiológico en alimentos	Pan francés	Aceptable	Aceptable	RTCA 67.04.50:08
	Huevos revueltos	Aceptable	Aceptable	
	Taco de carne	Aceptable	Aceptable	
Análisis microbiológico de superficies	Tabla de picar	No aceptable	Aceptable	US PublicHealth Service
	Mesa caliente	No aceptable	Aceptable	
Análisis microbiológico de superficies	Cucharón	No aceptable	Aceptable	US PublicHealth Service
	Sujeto 1	No aceptable	Aceptable	
	Sujeto 2	No aceptable	No aceptable	
	Sujeto 3	No aceptable	Aceptable	

La tabla III presenta el porcentaje de disminución de la carga microbiana después de aplicar el BPM.

Tabla III. *Porcentaje de disminución de la carga microbiana al utilizar el Manual de BPM*

Tipo de análisis microbiológico	Total de microorganismos antes del Manual de BPM	Total de microorganismos después del Manual de BPM	Indicador
Análisis microbiológico en alimentos	27 NMP/g	27 NMP/g	0 %
Análisis microbiológico de superficies	360,030 UFC/50cm <sup>2</sup>	570 UFC/50cm <sup>2</sup>	99.84 %
Análisis microbiológico de superficies	180,090 UFC/mano	1,790 UFC/mano	99.01 %

NMP/g: número más probable por gramo.

UFC/50cm<sup>2</sup>: unidades formadoras de colonias por 50 centímetros cuadrados.

UFC/mano: unidades formadoras de colonias por mano.

## Discusión de resultados

En la evaluación del estado situacional inicial se determina un nivel de cumplimiento de las BPM del 43.7 %, lo que significa un alto riesgo de contaminación cruzada de los alimentos que se preparan. El puntaje más bajo corresponde al aspecto de equipo y utensilios, para el cual se incrementa el nivel de cumplimiento a un 64 %.

Los resultados de los análisis microbiológicos antes del Manual de BPM, señalan que el alimento que se produce en la cafetería, posee un nivel aceptable de microorganismos, es decir, son alimentos inocuos. No obstante, la cantidad de microorganismos presentes en las superficies y en las manos de los trabajadores no son aceptables. Por lo tanto, se provoca que los alimentos que se preparan de manera inocua, se contaminen involuntariamente al ser manipulados.

En la tabla III, se muestra el porcentaje de disminución de la carga microbiana al emplear las BPM, observando muestra una diferencia del 99.84 % para las superficies y de 99.01 % para las manos de los trabajadores.

En síntesis, con base en evidencias del cumplimiento de las actividades de las BPM y los análisis microbiológicos, se concluye que se ha disminuido el riesgo de contaminación cruzada

en los alimentos listos para consumo; porque se aumenta el nivel de cumplimiento de un 43.7 % a 64 %.

Al utilizar el Manual de BPM se disminuye el riesgo de contaminar los alimentos, los cuales son producidos de forma inocua, porque la carga microbiana de las superficies de trabajo y de las manos de los trabajadores se ha reducido.

## Conclusiones

1. Al utilizar las Buenas Prácticas de Manufactura -BPM- como herramienta de calidad, se garantiza la producción de alimentos inocuos; así como la reducción en el riesgo de contaminación cruzada en los alimentos preparados y listos para su consumo.
2. Al inicio de la evaluación se establece, según el estado situacional del área de proceso de la cafetería de la Municipalidad de Guatemala, que el cumplimiento de las actividades de las BPM es de un 43.7 %; además se identifica una elevada presencia de microorganismos, tanto en las superficies de trabajo como en las manos de los trabajadores, provocando que los alimentos tengan un alto riesgo de contaminación cruzada.
3. El Manual de Buenas Prácticas de Manufactura, diseñado para la cafetería de la Municipalidad de Guatemala, es una herramienta de apoyo imprescindible para la adecuada utilización de las BPM; y así contribuir a garantizar la inocuidad de los alimentos.
4. Se determina que al aplicar el Manual de Buenas Prácticas de Manufactura, existe una disminución significativa en la carga microbiana, también se observa que el cumplimiento de las actividades de las BPM dan como resultado un 64 %, lo que indica que los alimentos y las superficies se encuentran dentro de los límites aceptables de referencia.

## Recomendaciones

1. Implementar las normas de las Buenas Prácticas Manufactura -BPM- como una herramienta



de calidad en la cafetería de la Municipalidad de Guatemala, para asegurar que todos los alimentos producidos sean inocuos.

2. Que al implementar de manera permanente las Buenas Prácticas de Manufactura -BPM-, se realicen análisis microbiológicos como mínimo una vez cada tres meses, durante el período de implementación. Posteriormente es recomendable efectuar los análisis microbiológicos cada seis meses o cuando se considere necesario.
3. Verificar continuamente el cumplimiento de las normas de las BPM; para contribuir a disminuir el riesgo de contaminación cruzada en los alimentos listos para su consumo.
4. Enriquecer y actualizar el Manual de Buenas Prácticas de Manufactura, según lo requiriera la cafetería, además se sugiere elaborar un Programa de Estandarización y Sanitización-SOOP- para ser añadido al Manual de BPM para mejorar los métodos de limpieza y desinfección.
5. Es conveniente que una persona verifique que las normas de las BPM se realicen adecuadamente para mantener la carga microbiana al mínimo; y de este modo, obtener un cambio de hábitos por parte del personal de la cafetería de la Municipalidad de Guatemala.

## Referencias bibliográficas

- Boniche, M. (2006). Manual buenas prácticas de manufactura para la cafetería Zamorano. Honduras. Recuperado de <http://bdigital.Zamorano.edu/bitstream/11036/967/1/T2352.pdf>
- Consejo de Ministros de Integración Económica, (COMIECO). (2006). Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.33:06 Industria de alimentos y bebidas procesados. Buenas prácticas de manufactura. Principios generales.
- Escamilla, J. (2007). Buenas prácticas de manufactura y procedimientos de operaciones estándares de sanidad, para la industria láctea. Tesis de licenciatura. Universidad de Autónoma

del Estado de Hidalgo Instituto de Ciencias Agropecuarias. Disponible en <http://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icap/licenciatura/documentos/Buenas%20practicass%20de%20manufactura.pdf>

- Oliva, M. (2011). Elaboración de una guía de buenas prácticas de manufactura para el restaurante central del IRTRA Petapa. Tesis de maestría. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Rocío, P. (2011). Diseño de un manual de Buenas Prácticas de Manufactura para que se produzcan alimentos seguros según la normativa nacional en la industria molinos Poultier S. A. Tesis de licenciatura. Universidad Técnica de Ambato. Disponible en [http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/3261/PAL\\_265.pdf?sequence=1](http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/3261/PAL_265.pdf?sequence=1)

## Información del autor

Licenciada en Nutrición, Yeniffer Astrid Waleska Argueta Girón, graduada de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2014. Especialidad en Administración Industrial.

Maestra en Artes en Gestión Industrial de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2016.

---

## APLICACIÓN DE UN MODELO BASADO EN EL MEJORAMIENTO CONTINUO DE LA CALIDAD (MCC), EN LOS PROCESOS DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN UTILIZADOS EN LA DIRECCIÓN DE SALUD Y BIENESTAR MUNICIPAL

---

**Gerald Dean Andersson Argueta Giron**

Mtro. en Gestión Industrial  
iqqfgeraldargueta@gmail.com

**Adolfo Narciso Gramajo Antonio**

Asesor  
Dr. en Química Orgánica

### Resumen

El trabajo de investigación se realiza con el propósito de disminuir la carga microbiana presente en las superficies de las clínicas médicas de la Dirección de Salud y Bienestar Municipal de la Municipalidad de Guatemala, por medio de la aplicación de un Modelo de Mejora Continua de la Calidad -MCC-, para el mejoramiento y estandarización de los procesos de limpieza y desinfección.

De la investigación se obtiene que las áreas con mayor cantidad de microorganismos son los muebles; se determina que los factores de dilución óptimos son los siguientes: para el desinfectante a base de amonio cuaternario es de 0.6 , para el desinfectante de nonilfenol 0.75 y para la solución de hipoclorito de sodio de 0.1; de ello se obtiene un Modelo MCC que presenta una mejora en la reducción de los microorganismos presentes en las superficies de pisos, camillas y muebles de 66.67 %, 90 % y 99 %, respectivamente.

### Palabras clave

MCC, carga microbiana, factores de dilución, procesos de limpieza y desinfección, clínicas médicas.

### Abstract

*The purpose of this work is to decrease the bio-burden on the surfaces of the clinics of Dirección de Salud y Bienestar Municipal of Guatemala City Hall through the application of a Model of Continuous Improvement – MCI -, in order to improve and standardize the cleaning and disinfection processes.*

*The results show that the places with the most quantity of microorganisms are furniture; it was concluded that the optimal dilution factors are: 0.6 for the quaternary ammonium disinfectant, 0.75 for nonilfenol disinfectant and 0.1 for sodium hypochlorite solution; therefore, a MCI model shows an improvement in reducing microorganisms on the surfaces of floors, stretchers and furniture 66.67 %, 90 % and 99 % respectively.*

### Keywords

*MCI, bioburden, dilution factors, cleaning and disinfection processes, medical clinics.*

## Introducción

Las clínicas médicas son potenciales reservorios de microorganismos patógenos en las superficies de sus instalaciones, por el tipo de servicio que brindan. El trabajo de investigación se realiza en las instalaciones de la Dirección de Salud y Bienestar Municipal, con el objetivo general de aplicar un modelo de mejora continua de la calidad –MCC– con la finalidad de reducir la carga microbiana presente en las superficies de las clínicas.

La importancia que conlleva esta investigación es la de establecer una metodología estandarizada e idónea en los procesos de limpieza y desinfección, para disminuir el riesgo de las enfermedades adquiridas dentro las clínicas médicas.

## Desarrollo del estudio

El estudio se divide en 4 fases: en la primera se describe el estado situacional de los procesos de limpieza y desinfección en donde se utiliza una adaptación de la lista de chequeo referida por Ojeda (2012), se elabora un diagrama de Ishikawua y se realizan conteos microbianos de las superficies de pisos, camillas y muebles.

En la fase 2, se determinan los factores de dilución idóneos en los productos de limpieza y desinfección que se utilizan: desinfectante a base de amonio cuaternario, desinfectante de nonilfenol y etanol y una solución de hipoclorito de sodio.

En la fase 3, se elabora y aplica el modelo MCC, el cual se basa en la estructura del modelo elaborado por Chacon (2005) y consta de 7 etapas.

La primera etapa es la selección del problema, el cual se relaciona con el alto índice de microorganismos presentes en las instalaciones en estudio.

La segunda, consiste en la cuantificación de microorganismos presentes en las instalaciones. Durante la tercera etapa se analizan las causas y raíces del problema. En la cuarta etapa se determinan como causas raíces, la técnica errónea de efectuar el proceso de limpieza y desinfección, la frecuencia de limpieza y la falta de utilización de un desinfectante

para el área de muebles; también se comprueba que existe una mala preparación de los desinfectantes.

En la quinta etapa se definen las soluciones, entre las que se pueden mencionar la determinación de los factores de dilución óptimos, la capacitación a los encargados de limpieza, entre otras acciones.

En la sexta etapa, se procede a implantar las soluciones, y finalmente se realizan acciones para controlar y verificar el buen desempeño del personal. En la fase 4, se evalúa el efecto del modelo de mejora continua de la calidad.

## Resultados obtenidos

La tabla I indica el porcentaje de cumplimiento por parte de los encargados de limpieza y desinfección antes y después de la aplicación del modelo MCC, en cuanto a las normas de bioseguridad.

Tabla I. *Lista de chequeo de la situación.*

Cumplimiento	Antes		Después	
	Sí	No	Sí	No
El personal utiliza los equipos de protección		x	x	
Los productos de limpieza se encuentran almacenados de manera adecuada		x		x
Se realiza del área más limpia al área más sucia		x	x	
Los baños se limpian con material exclusivo para esta área	x		x	
Se realiza con la frecuencia recomendada		x		x
Se utiliza la técnica correcta para la preparación de desinfectantes		x	x	
En caso de contaminación con sangre u otro fluido se utiliza hipoclorito de sodio durante 30 min	x		x	
Se utilizan elementos que movilizan polvo ambiental	x		x	
Se mantiene el hipoclorito de sodio en recipientes opacos y cerrados		x	x	
Porcentaje de cumplimiento de la lista de chequeo	27 %	73 %	63 %	37 %

La tabla II indica el grado de contaminación microbiológica, antes de la aplicación del modelo MCC, expresado en unidades formadoras de colonias por cada cincuenta centímetros cuadrados.

Tabla II. *Cantidad de UFC/50cm<sup>2</sup> (Recuento aeróbico en placa) situación inicial*

Lugar	Antes de limpiar		Después de limpiar	
	*UFC /50cm <sup>2</sup>	Nivel de aceptación	*UFC /50cm <sup>2</sup>	Nivel de aceptación
Piso	40300	Rechazable	30	Rechazable
Camillas	6000	Rechazable	100	Rechazable
Muebles	1000	Rechazable	1000	Rechazable

\*UFC: unidades formadoras de colonias

La tabla III muestra los factores de dilución óptimos de los distintos agentes de limpieza, con un poder bactericida de más del 90 %.

Tabla III. *Factores de dilución óptimos de los productos de limpieza.*

Producto de limpieza	Poder desinfectante	Factor de dilución
Desinfectante 1 (Amonio cuaternario)	91 %	0.6
Desinfectante 2 (nonilfenol y etanol)	95 %	0.75
Hipoclorito de sodio al 5 %	> 96 %	0.1

El grado de contaminación microbiológica, después de la aplicación del modelo MCC es aceptable.

En la tabla VI se compara la contaminación microbiana antes y después de aplicar el modelo MCC, luego de la realización de los procesos de limpieza y desinfección.

Tabla IV. *Cantidad de UFC/50cm<sup>2</sup> después de la aplicación del modelo MCC.*

Lugar	Antes del modelo MCC	
	*UFC/50cm <sup>2</sup>	Nivel de aceptación
Piso	30	Rechazable
Camillas	100	Rechazable
Muebles	1000	Rechazable
Lugar	Después del modelo MCC	
	*UFC/50cm <sup>2</sup>	Nivel de aceptación
Piso	< 10	Tolerable
Camillas	< 10	Tolerable
Muebles	< 10	Tolerable
Lugar	Porcentaje de reducción de microorganismos	
	Mejora	
Piso	> 66.67 %	
Camillas	> 90 %	
Muebles	> 99 %	

## Discusión de resultados

La lista de chequeo que se muestra en la tabla I indica que al inicio únicamente se cumple un 27 % de los ítems evaluados. Los datos presentados en la tabla II indican que existe una elevada cantidad de microorganismos presentes en las instalaciones de las clínicas antes de la aplicación del modelo MCC.

Los factores de dilución óptimos de los productos de limpieza y desinfección que se utilizan en las clínicas médicas, garantizan una desinfección de más del 90 %.

La cantidad de microorganismos presentes en las superficies de las clínicas después de la aplicación del modelo MCC, se ubica en un nivel aceptable en relación a los límites que establecen que de 1 a 10 UFC/50cm<sup>2</sup> son valores aceptables si se comparan con una superficie inerte.

Luego de la aplicación del modelo MCC se vuelve a aplicar una lista de chequeo se logra un cumplimiento del 63 % y a pesar de no haberse logrado alcanzar un 100 % de cumplimiento, debido a factores económicos dentro de la organización, se obtuvo un modelo MCC capaz de disminuir significativamente la carga microbiana.

La tabla IV muestra que las mejoras en cuanto a la reducción de microorganismos identificados de más del 66.66 % para el área de pisos, 90 % para el área de camillas y 99 % para el área de muebles, significa estas mejoras que se obtuvieron menos de 10 unidades formadoras de colonias por cada cincuenta centímetros cuadrados en las áreas analizadas.

## Conclusiones

1. El modelo MCC aplicado en las clínicas médicas de la Dirección de Salud y Bienestar Municipal es capaz de mejorar y estandarizar los procesos de limpieza y desinfección, provocando una disminución en la carga microbiana que satisface los parámetros aceptables para superficies inertes (menos de 10 UFC/50cm<sup>2</sup>).

2. Inicialmente los procesos de limpieza y desinfección tienen un cumplimiento menor al 27 %, además se determina una carga microbiana de 30UFC/50cm<sup>2</sup>, 100 UFC/50cm<sup>2</sup> y 1000UFC/50cm<sup>2</sup> para las áreas de pisos, camillas y muebles, siendo las de mayor riesgo las superficies de los muebles.
3. Los factores de dilución óptimos para los procesos de limpieza y desinfección son: para el desinfectante a base de amonio cuaternario 0.6, para el desinfectante de nonilfenol y etanol 0.75 y para la solución de hipoclorito de sodio, 0.1.
4. Después de la implementación del modelo de MCC se obtienen porcentajes de mejora en la reducción de los microorganismos presentes en las superficies de las clínicas del 66.66 %, 90 % y 99 % para pisos, camillas y muebles, respectivamente.

### Recomendaciones

1. En las clínicas médicas de la Dirección de Salud y Bienestar Municipal, se debiera seguir utilizando el modelo de mejora continua de la calidad, con la finalidad de mantener estandarizados los procesos de limpieza y desinfección para conservar una carga microbiana mínima.
2. Realizar un estudio de los microorganismos presentes en el aire de las clínicas médicas y elaborar una lista de chequeo pertinente a ese estudio.
3. Realizar un estudio similar utilizando otros tipos de desinfectantes, con la finalidad de determinar la posible existencia de un desinfectante que presente beneficios económicos.
4. Adquirir un equipo UV con una solución de Glogerm®, para determinar la existencia de bacterias en las superficies y con ello mantener el nivel de microorganismos establecidos por el modelo MCC y realizar estudios microbiológicos similares cada 6 meses para garantizar que los niveles de desempeño se mantengan.

### Referencias bibliográficas

- Chacon, F. (2005). El proceso de mejoramiento continuo de la calidad y su influencia en la normalización de los procesos de la empresa Electrocentro S.A, Tesis de maestría. Universidad Nacional Hermilio Valdizan. Disponible en <http://www.ilustrados.com/documentos/normalizacionelectrocentro.pdf>.
- Ojeda, L, H. (2012) Evaluación del cumplimiento de las normas de bioseguridad en el Hospital UTPL, en las áreas de emergencia, hospitalización, quirófano, laboratorio y consulta externa, durante el período enero – marzo de 2012. (Tesis de licenciatura), Universidad técnica Particular de Loja, Loja Ecuador.
- Villatoro, M. (2009). Evaluación de microorganismos de los desinfectantes utilizados en el área de producción de nutrición parental del Departamento de Farmacia Interna del Hospital General San Juan de Dios. Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

### Información del autor

Ingeniero Químico, Gerald Dean Andersson Argueta Girón, graduado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2015.

Maestro en Artes en Gestión Industrial de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2016.

---

## ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO, CONECTADO A LA RED PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE, EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE MUEBLES

---

**Jorge Alberto Monnéy Alvarez**

Mtro. en Gestión Industrial  
monneyjorge@gmail.com

**Jorge Eduardo Menchú Castillo**

Asesor  
Mtro. en Administración Corporativa  
jorge.menchu@hotmail.com

### Resumen

El consumo de energía eléctrica ha incrementado un 19 % de enero a septiembre de 2015, afectando las utilidades de la planta de fabricación de muebles. Se realiza una evaluación de la situación actual de la empresa y análisis del uso eficiente o ineficiente de este recurso, a partir de ello se decide asumir un cambio de modelo de desarrollo para tratar de disminuir el consumo energético, de esta forma aprovechar más eficientemente la energía y utilizar fuentes de energía renovables. Se comprueba la eficiencia energética de la planta de producción de muebles, identificando el potencial óptimo para la posible colocación de sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red distribuida bajo la figura de energía renovable o para autoconsumo.

El impacto del resultado deriva del uso eficiente de la energía y la disminución de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, así mismo volver más rentable la empresa por los ahorros obtenidos.

### Palabras clave

Eficiencia energética, paneles fotovoltaicos, VAN, TIR, retorno de la inversión.

### Abstract

*Electricity consumption increased by 19% from January to September 2015 affecting the profits of the furniture manufacturing plant. This work evaluates the state of the art of the company through the analysis of the efficient or inefficient use of this resource. Based on the results there was implemented an updated development model to try to reduce the energy consumption and use it efficiently through renewable energy sources. This work verifies the energy efficiency of the furniture production plant and it identifies the optimal potential for the possible placement of photovoltaic solar systems connected to the grid distributed under the figure of renewable energy or for self consumption.*

*The impact of the result derives from the efficient use of energy and the reduction of CO<sub>2</sub> to the atmosphere, as well as making the company more profitable for the savings obtained.*

### Keywords

*Energy efficiency, photovoltaic panels, VAN, TIR, return on investment.*

## Introducción

Se realiza un análisis de eficiencia energética de la planta de producción para identificar si tiene el potencial óptimo para la posible colocación de sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red distribuida bajo la figura de energía renovable o para autoconsumo.

Para la empresa, el consumo de energía en el taller es del 86 % del consumo total del día, esto equivale diariamente a 111.35 Kwh/día, por lo cual es de suma importancia aplicar medidas de ahorro, como la implementación de paneles fotovoltaicos, iluminación LED o motores ahorradores.

El sistema propuesto para la planta de producción de muebles, está diseñado para compensar el 30 % de la energía consumida por el edificio.

La inversión en sistemas solares fotovoltaicos para autoproducción es una inversión a largo plazo, la recuperación se realiza en 6 años y el proyecto tiene un tiempo de vida de 20 años, lo cual vuelve el proyecto rentable.

## Desarrollo del estudio

La metodología de investigación que se utiliza es por medio de un estudio de tipo descriptivo y el diseño de la investigación es no experimental.

Se utiliza una técnica de recolección de datos de observación y de registros, las observaciones se enfocan en verificar cómo se maneja todo el sistema de energía eléctrica en la empresa, así como la cantidad de lámparas que se utilizan, cantidad de aires acondicionados, tipos de acometidas utilizadas dentro de las instalaciones; así mismo, verificar que no existan fugas de aire en las áreas donde se utilizan aires acondicionados, fugas de aire en las tuberías donde se distribuye aire comprimido transferido por los compresores y verificar que las acometidas se encuentren en buen estado, tanto su cableado como el equipo.

Se realiza un estudio de retorno de la inversión por medio del VAN y el TIR para mostrar de forma analítica los beneficios esperados por medio del

ahorro de energía y así se obtienen los porcentajes de ingreso que puede generar a largo plazo, el tema de energía renovable y auto suministrada. Sobre el VAN, Sapag (2010) afirma: “Es el método más conocido, mejor y más generalmente aceptado por los evaluadores de proyectos. Mide la rentabilidad deseada después de recuperar toda la inversión” (p. 253). Sobre el TIR Aguilar (2005) afirma: “La tasa interna de rendimiento de un proyecto de inversión se define como aquel tipo de actualización o descuento que iguala el valor actual de los flujos netos de caja con el desembolso inicial” (p. 6).

Todas las variables e indicadores utilizados en la investigación son de tipo cualitativo y cuantitativo, de esta forma se puede realizar un análisis más exacto de los cálculos necesarios para llegar a cumplir con los objetivos de eficientar la energía eléctrica en la planta de producción.

## Resultados obtenidos

Al realizar los cálculos del factor de potencia de la acometida 1 y acometida 2, se obtienen los siguientes resultados: acometida 1, 0.6904 y acometida 2, 0.9424.

En la matriz energética mensual, mostrada en la figura 1, se observa que el 86 % del consumo de energía de la planta de producción se relaciona con el equipo y maquinaria, el cual se puede reducir en 20 % del consumo, aplicando ahorradores de energía y variadores de frecuencia.

Se observa que el 11 % del consumo de energía es el de iluminación de esta área, el cual se puede reducir en un 65 % del consumo actual de iluminación, sustituyendo la iluminación fluorescente por la iluminación LED.

El porcentaje que se utiliza para equipo de ofimática y otros es del 3 %, en esta parte se recomienda cambiar los hábitos de consumo, realizar el apagado de los equipos en la hora de almuerzo para reducir un 2 % del consumo total.

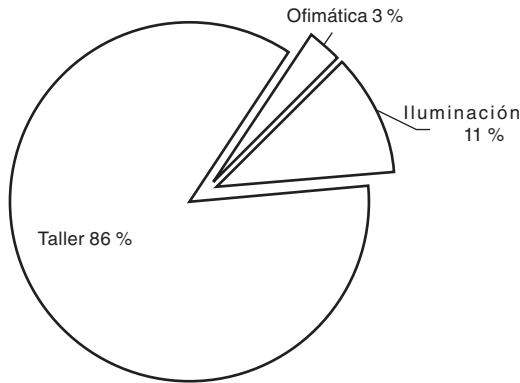


Figura 1. Matriz energía mensual Kwh.

### Discusión de resultados

Se conoce que el factor de potencia es el que cuantifica que la energía efectivamente fue convertida en trabajo y no fue convertida en calor, por lo tanto si un factor de potencia es demasiado bajo, se tendrá que utilizar un cable de calibre más grueso para evitar calentamientos en el mismo y sobre todo, mayor corriente.

Antes de realizar una inversión en equipo de iluminación LED y paneles solares, debe invertirse en la mejora de las instalaciones, tanto en la acometida comercial como en las tierras físicas, la inversión aproximada es de Q9,639.04.

Los beneficios esperados son una reducción significativa en el consumo de energía eléctrica, así como evitar el aumento de emisión de CO<sub>2</sub> al medio ambiente y así contribuir a la conservación del mismo.

El sistema propuesto para la planta de producción está diseñado para compensar 30 % de la energía consumida por este edificio.

Si el total de consumo del taller es de: 93.4kwh al día, durante un mes aproximadamente consume: 2,241kwh, por lo que al implementar paneles solares se logra una reducción de aproximadamente 20 % del consumo total eléctrico.

### Conclusiones

1. En la matriz de energía eléctrica mensual, tomando en cuenta el consumo en Kwh, se observa que el 86 % del consumo de energía en

la planta de producción, es por equipo y maquinaria de taller. Esto es equivalente a 2,499.72 Kwh de consumo y a Q 4,115.55. Implementando ahorradores de energía y variadores de frecuencia, es posible reducir hasta un 20 % del 86 % actualmente consumido.

2. La inversión en iluminación LED para empresa es una de las opciones que pueden ser complementarias para lograr ahorros considerables para la empresa, la inversión es de Q18, 637.50 y se recupera en 2 años, con un tiempo de vida de 6 años.
3. La inversión en sistemas solares fotovoltaicos para autoproducción es una inversión a largo plazo y es de Q112, 500.00 La recuperación se realiza en 6 años y el proyecto tiene un tiempo de vida de 20 años.

### Recomendaciones

1. Para la maquinaria que utiliza alta demanda de potencia y que esté motorizada (arriba de 1Kwh) será necesario que se implemente una medida más eficiente de arranque para minimizar picos de corriente.
2. Para mejorar el factor de potencia es necesario integrar bancos de capacitores para disminuir la potencia reactiva generada por la utilización de motores, también se requiere la adecuación de calibre de cableado eléctrico para disminuir pérdidas por calentamiento, si existieran posteriormente a la integración del banco de capacitores.
3. Que en todas las áreas se apague la iluminación y las máquinas en el tiempo de almuerzo y buscar el aprovechamiento de la luz natural.
4. Cuando la empresa planifique cualquier inversión relacionada con paneles solares, es recomendable volver eficiente el uso de la energía eléctrica en la planta de producción, si de alguna forma no se hace eficiente dicho uso y se colocan paneles solares, no se logrará el objetivo esperado de ahorro ya proyectado.



5. Con respecto al tema de inversión, se recomienda la realización de la misma, debido a que el retorno de dicha inversión es eficiente versus los tiempos de vida de los equipos, de igual forma se recomienda buscar otras cotizaciones para ver si baja el monto a invertir, siempre tomando en cuenta la calidad del equipo que se va adquirir. Si de alguna manera se logra mejorar el precio de inversión sin poner en riesgo la calidad de los equipos, se podrá de esta forma, mejorar el tiempo de retorno de la inversión.

### **Referencias bibliográficas**

Aguilar Díaz, I. (2005). Finanzas Corporativas en la Práctica. Delta Publicaciones. pp. 5-6.

Sapag Chain, N. (2007). Proyectos de Inversión. Pearson Educación. pp.253-254.

### **Información del autor**

Ingeniero Industrial, Jorge Alberto Monnéy Alvarez graduado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2008.

Maestro en Artes en Gestión Industrial de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2017.

---

## ELABORACIÓN Y APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE ADIESTRAMIENTO EN EL TRABAJO A NIVEL 1 Y 2 DEL MANTENIMIENTO, EN EL CAMPO DE LA AVIACIÓN GUBERNAMENTAL DE GUATEMALA

---

**Carlos Martín Suarez Barona**

Mtro. en Ingeniería de Mantenimiento  
carmarfutbol@hotmail.com

**Pedro Miguel Agreda Girón**

Asesor  
Mtro. en Ingeniería Mecánica  
pemtwo@gmail.com

### Resumen

La aviación gubernamental de Guatemala, a cargo del Ministerio de Gobernación, es fundamental en los planes de seguridad nacional y control de riesgos originados por fenómenos naturales, por ello, es muy importante contar con una línea de helicópteros listos y disponibles a operar cuando la situación así lo requiera.

El cumplimiento del mantenimiento por parte de personal técnico, es fundamental para el éxito de las operaciones.

En el desarrollo del mantenimiento aeronáutico de tipo preventivo, correctivo o imprevisto, se evidencia una serie de eventos como: el daño de equipos por mala operación, la existencia de técnicos antiguos que se consideran indispensables, remoción e instalación de componentes empíricamente e ignorando procedimientos, el retraso en la ejecución del mantenimiento, que afectan la disponibilidad de los helicópteros y maquinaria a cargo del departamento de mantenimiento.

### Palabras clave

Adiestramiento en el trabajo, mantenimiento aeronáutico, mantenimiento correctivo, preventivo e imprevisto.

### Abstract

*Guatemalan government aviation, in charge of the Ministry of the Interior, is fundamental in the national security plans and control of the risks caused by natural phenomena, so it is very important to have a helicopters line listed and available an operation when the situation requires it*

*Compliance with maintenance by the technical personnel is essential for the success of operations.*

*In the development of aeronautical maintenance of preventive, corrective or unforeseen type, a series of events was evidenced as: equipment damage due to bad operation, the existence of old technicians who are considered indispensable, removal and installation of components empirically and ignoring procedures, the delay in the execution of maintenance leading to consequences that affected the availability of helicopters and machinery in charge of the maintenance department.*

### Keywords

*Aeronautical maintenance, corrective, preventive and unforeseen maintenance.*

## Introducción

La investigación es de tipo cualitativa y describe hechos que se observan en el medio natural del mantenimiento que se realiza a los helicópteros de la aviación gubernamental de Guatemala.

En el cumplimiento de la investigación-acción se busca encontrar soluciones a problemas que afectan la organización del mantenimiento de aviación con la participación activa del personal técnico.

## Desarrollo del estudio

Los datos con los que la investigación surge, vienen dados desde el año 2013, se alcanza la elaboración de un libro de tareas de mantenimiento, las formas de registro y la elaboración sistemática de la base de datos para control del avance de cada adiestrado, vinculado al programa de adiestramiento en el trabajo.

El libro de tareas de mantenimiento, se diseña con tareas para niveles 1, 2 y 3, extraídas del manual de mantenimiento del helicóptero; la investigación se limita a las tareas de los niveles de pericia 1 y 2, con lo que se pretende contar con personal clasificado y entrenado en los niveles marcados por la investigación, es decir, personal técnico estructurado en la carrera técnica como técnicos auxiliares o nivel 1 y técnicos de línea o nivel 2; alcanzando para cada línea de carrera un alto nivel de entrenamiento y estandarización en las actividades propias del mantenimiento de la aviación gubernamental de Guatemala.

El programa se fundamenta en la capacitación y entrenamiento en el lugar de trabajo, se diseña para desarrollarse en dos fases. La primera fase, se enfoca en que el adiestrado adquiera los conocimientos básicos del trabajo a desarrollar, mediante el estudio de los componentes y sistemas del helicóptero, conocimiento en los manuales técnicos elaborados por el fabricante y procedimientos estándares necesarios para el mantenimiento aeronáutico. La segunda fase consiste en la capacitación y entrenamiento en el lugar de trabajo, utilizando principios básicos, técnicas y métodos del adies-

tramiento, permitiendo al adiestrado practicar los conocimientos adquiridos para realizar el trabajo.

En la figura 1, se aprecia la remoción de la turbina (motor) del helicóptero y la aplicación de principios básicos, indicados en el desarrollo de la tarea por parte de los aprendices, mostrando al adiestrador el avance de cada uno.



*Figura 1.* Adiestramiento en el trabajo

## Resultados obtenidos

### Nivel de pericia.

Conformado por el personal técnico básico o auxiliar; 15 técnicos en el nivel 1, con 24 meses de permanencia y 6 de cumplimiento con 832 tareas a cumplir.

Las tareas en cada nivel pueden cumplirse cuatro veces, permitiendo que cada vez que se ejecute, se identifique con un código de habilidad, representado en las letras A, B, C y D, siendo el literal D, el que defina al aprendiz, como calificado en la tarea.

- Número total de tareas a cumplir para 15 técnicos: 12 480 tareas
- Tareas proyectadas por mes: 520 tareas
- Porcentajes de tareas proyectadas/mes: 4.16 %
- Tareas cumplidas por el nivel 1: 3120 tareas en código de habilidad A
- Porcentaje de avance del nivel 1: 25 %

**Nivel de pericia.** Conformado por el personal técnico de línea, con 152 tareas a cumplir.

- Número total de tareas a cumplir para 22 técnicos: 33264 tareas
- Tareas proyectadas por mes: 924 tareas
- Porcentajes de tareas proyectadas/ mes: 2.77 %.
- Tareas cumplidas por el nivel 2: 8316 tareas en código de habilidad A
- Porcentaje de avance del nivel 2: 25 %.

### Discusión de resultados

Los datos obtenidos como resultados en la elaboración y aplicación del programa de AET, indican y garantizan el entrenamiento y avance del personal técnico de mantenimiento de la Aviación Gubernamental de Guatemala, dando respuesta a la pregunta que origina la investigación: ¿cómo garantizar el entrenamiento del personal técnico de mantenimiento de la Aviación Gubernamental de Guatemala?

De igual manera se obtiene respuesta a preguntas específicas que contribuyen a cumplir los procedimientos técnicos, realizar mantenimiento de manera eficiente y eficaz en un ambiente de trabajo ideal y cumplido por el personal técnico con el nivel de pericia adecuado.

En la figura 2, se observa la aplicación del procedimiento empírico utilizado, antes de la aplicación del programa AET, para remover la tuerca del mástil, ajustada con un torque de 650 libra-pie, (7800 libra-pulgada) y que retiene el rotor principal del helicóptero. Para aflojarla se utiliza una barra de extensión, unida a una llave de copa, manipulada por 3 técnicos. Es evidente, el riesgo en las condiciones de seguridad a que se somete el personal técnico asignado a la tarea. Un deslizamiento de un técnico, originado por la fuerza utilizada, significa una caída de una altura de aproximadamente tres metros, distancia del techo del helicóptero al piso.



*Figura 2.* Procedimiento empírico, remoción tuerca del mástil.

En la figura 3, se observa la aplicación del procedimiento técnico, después de la elaboración y aplicación del programa AET, descrito en el manual de mantenimiento. Para la remoción de la tuerca del mástil se utiliza una herramienta especial denominada multiplicador de torque y para su operación se requiere de un técnico. La seguridad prevalece, la hora-hombre se reduce y se mejora la eficiencia y eficacia en el cumplimiento de la tarea.



*Figura 3.* Procedimiento técnico, remoción tuerca del mástil.

### Conclusiones

1. Con base en el programa de adiestramiento en el trabajo, se capacita y entrena en el mantenimiento aeronáutico a personal del Ministerio de Defensa y Ministerio de Gobernación, quienes se encuentran aplicando los conocimientos adquiridos en los continuos mantenimientos correctivos, preventivos e imprevistos cumplidos en los helicópteros del gobierno.

2. El programa de adiestramiento en el trabajo, obliga a que los procedimientos en la ejecución de las tareas se sigan estrictamente, de acuerdo a los manuales de mantenimiento.
3. El personal adiestrado en los niveles 1 y 2, considera el programa como la solución a las prácticas empíricas en el mantenimiento aeronáutico y a la dependencia de personal antiguo considerado indispensable; además, se visualiza la proyección en una carrera técnica aeronáutica, que fortalece los conocimientos básicos adquiridos y una mejor posición económica a futuro, al convertirse en una fuerza laboral competitiva.
4. La implementación del programa ha permitido la integración del trabajo en equipo y el buen ambiente laboral con el personal de los Ministerios de Defensa y de Gobernación, antes durante y después del desarrollo de las actividades que surgen de mantener una condición aeronavegable y operativa en las aeronaves de la aviación gubernamental de Guatemala.

### Recomendaciones

1. El personal directivo debe involucrarse en mayor medida en la implementación del programa, dando a conocer su aceptación, mediante reuniones donde participe todo el grupo de mantenimiento y en especial, el personal técnico experto.
2. Se debe estimular al personal en la capacitación y en el conocimiento del idioma inglés, ya que la aviación en Latinoamérica, en su mayoría, es totalmente desarrollada e influenciada por Norte América.
3. Programar entrenamientos y prácticas continuas en la aeronave de entrenamiento, con el objetivo de adiestrar al personal, en las tareas que muy poco se ejecutan durante el cumplimiento del mantenimiento correctivo, preventivo e imprevisto de los helicópteros.

### Referencias bibliográficas

- Academia Interamericana de las Fuerzas Aéreas-IAAFA. (2010). Base Aérea Lackla, Texas. Curso de Adiestramiento en el Trabajo. Achieving Excellence. (2002). Achieving Aeronáutica Civil de Colombia. (2013). Reglamentos Aeronáuticos de Colombia.<http://www.aerocivil.gov.co>
- Bell Helicopter Textron. (2013). BHT PUB-92-004-23 Aviation Unit & Intermediate Maintenance Manual Airframe Bell Model UH-1H-II Helicopter

### Información del autor

Ingeniero Mecánico, Carlos Martin Suárez Barona, graduado en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia, 1998.

Maestro en Artes en Ingeniería de Mantenimiento, graduado de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2017.



# DESARROLLO SOCIO-AMBIENTAL Y ENERGÉTICO

---

ENERGÍA Y AMBIENTE ■ DESARROLLO MUNICIPAL



---

## MANEJO ADECUADO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS POR MEDIO DE UN TREN DE ASEO EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PATZICÍA, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO

---

**Gilmar Estuardo Morales Ruiz**

Mtro. en Ingeniería para el Desarrollo Municipal  
gilestuar@yahoo.com

**Luis Rafael Valladares**

Asesor  
Mtro. en Evaluación de Proyectos  
rafael602005@gmail.com

### Resumen

En el presente artículo se analiza la acumulación de desechos sólidos en las calles y avenidas del casco urbano del municipio de Patzicía, departamento de Chimaltenango, los cuales obstruyen los principales tragantes en las 4 zonas en que está dividido, ocasionando que se tapen y el agua no fluya normalmente, a consecuencia de que no existe un tren de aseo municipal.

En promedio se generan 12 toneladas diarias de desechos sólidos por zona, las cuales están siendo manipuladas inadecuadamente, lo que puede causar el aumento de enfermedades además de daños al medio ambiente. Con la implementación de un tren de aseo se mitiga en gran medida el problema de los desechos sólidos municipales; además, las municipalidades obtienen control y administración de los servicios básicos, mejoramiento del ornato, ingresos justificados para otros proyectos, contribuyen a la erradicación del desempleo en la población y estimulan el turismo y comercio para el desarrollo integral sostenible.

### Palabras clave

Desechos sólidos, tragantes, tren de aseo, ornato, sostenibilidad, desarrollo integral.

### Abstract

*This work studies the accumulation of solid waste in the streets and avenues of the local government of Patzicía, Chimaltenango, which clog the major inlets in the 4 zones in which is divided because it causes clogging and water not flowing normally due to missing municipal garbage collector.*

*An average of 12 tons per day of solid waste is generated by area which is being handled improperly. Therefore, it can cause illness increment along with damage to the environment. This study proposes the implementation of a train toilet to mitigate the problem of solid waste management by local government. In addition, the local government gets control and management of basic services and infrastructure improvements to contribute to the eradication of unemployment in the population and stimulate tourism and sustainable development.*

### Keywords

*Solid waste, catch basins, toilet train, sustainability.*



## Introducción

Una de las principales problemáticas de la municipalidad de Patzicía es la inexistencia de una adecuada manipulación técnica de los desechos sólidos en las calles y avenidas de la población; derivado de esto es necesario realizar una propuesta que contribuya a la solución del problema, determinando los parámetros técnicos para la implementación de un tren de aseo en el casco urbano.

El Código Municipal en su Artículo 68 dentro de las competencias propias del municipio, establece que la recolección tratamiento y disposición final de los desechos y residuos sólidos corresponde a la municipalidad, además se enfoca en las líneas que atañen a los servicios en infraestructura.

Es de gran importancia darle solución a este problema para que el casco urbano del municipio de Patzicía se encuentre libre de desechos sólidos, además que cuente con un sistema de tren de aseo que aporte para el desarrollo municipal y ambiental de la población, teniendo como beneficios calles y drenajes limpios y una empresa municipal de limpieza que sirva de estímulo para la implementación de otros proyectos que generen ingresos a la municipalidad.

## Desarrollo del estudio

Antes de implementar un tren de aseo en el municipio se realiza un análisis y síntesis de documentos brindados por especialistas, quienes tienen experiencia en temas de manejo técnico de desechos sólidos, para pasar luego a una caracterización del problema, con lo cual se conocen las opciones más viables para una propuesta de solución.

Patzicía acumula en sus calles diariamente 11.56 toneladas de basura, como lo muestra la tabla siguiente:

Tabla I. *Generación de residuos sólidos municipales de Patzicía*

Zonas	Generación de rsm/kg/diario	Generación de rsm/T/diarias
1	2308.75	2.54
2	2481.75	2.74
3	2615.5	2.88
4	3084.25	3.4
Total	10,490.25	11.56

Por lo anterior, es una necesidad urgente el diseño del tren de aseo y su implementación para las distintas partes del casco urbano municipal que tradicionalmente está dividido en zonas, según la topografía del municipio, focalizando puntos estratégicos desde el principio de su recorrido hasta su disposición final, incorporando el recurso humano necesario, además de incluir el material, transporte y equipo para dicha operación, garantizando la factibilidad en gasto y tiempo.

La siguiente figura muestra el sistema de recolección de residuos sólidos:



Figura 1.

Hay varias herramientas básicas para cálculos de desechos y volúmenes para la recolección y el transporte de desechos sólidos, además de la logística que se utiliza para determinar qué días y horarios se deben proponer, para no hacer recorridos que representen gastos innecesarios a la municipalidad. Hay que tener en cuenta también los días donde se encuentre mayor cantidad de desechos sólidos, analizando los tramos para facilitar el transporte de los mismos, para evitar todo tipo de accidentes.

El medio de transporte adecuado, es el especializado para el trabajo, pero las municipalidades no cuentan con el recurso necesario para la compra de este tipo de vehículos, por lo tanto, la mejor opción es adquirir camiones convencionales, además este tipo de camión puede dar mejores resultados en costo como en rendimiento y eficacia, tales unidades pueden ser desde un carretón movido por recurso humano o por tracción animal, hasta un vehículo tipo recolección de carga, dependerá de las necesidades rutas y costos.



Figura 2. Modelos de camión a implementar.

Fuente: diseño de camiones (2015).

Las rutas de recolección de desechos sólidos en las calles deben analizarse eficientemente, la Guía para el manejo de Residuos Sólidos en Ciudades Pequeñas (2005) indica que la distribución de las rutas dependerá en gran parte de los vehículos a utilizar, la ruta debe ser simple con trazos rectos y debe terminar lo más cerca a la disposición final. La ruta de recolección óptima se ajusta mediante sucesivos ensayos de tipo ensayo-error. En todos los casos las rutas que se diseñan deben ser corregidas en la práctica.

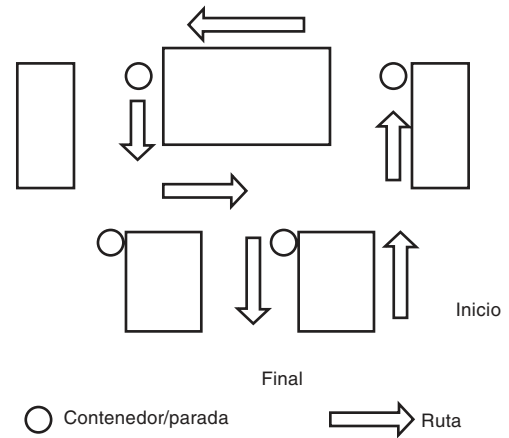


Figura 3. Rutas de recolección.

Fuente: Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas.

Por último, se debe tener en cuenta la educación que se le dé a la población sobre residuos sólidos, ésta debe empezar con los conceptos básicos y necesidades del manejo de residuos sólidos, se debe explicar claramente cómo el municipio puede participar. Esto implica motivar efectivamente a los vecinos del municipio para que tengan el deseo de cambiar su actitud en relación con el manejo de residuos sólidos.

### Resultados obtenidos

Como resultado de esta investigación, la municipalidad obtiene fortalecimientos sobre control, legislación y administración de servicios básicos municipales, la implementación de un ordenamiento territorial que facilite los proyectos de manipulación técnica de desechos sólidos, una educación continua y profunda dentro de los centros educativos que permita que los futuros ciudadanos cuiden el ornato del municipio, ingresos justificados para otros proyectos, además de contribuir a la erradicación del desempleo en la población y estimular el turismo y comercio para el desarrollo integral y sostenible.

### Discusión de resultados

Según muestran los resultados, el proceso de fortalecimiento de la legislación y administración de

servicios básicos municipales principalmente en la manipulación técnica de desechos sólidos está en marcha, lo que indica que existe una mejora en este proceso.

Las municipalidades exponen que el presupuesto no es el adecuado para darle solución a este tipo de problemas, el costo y servicio es analizado para buscar fuentes de financiamiento para la operación de proyectos de saneamiento, con la finalidad de lograr sostenibilidad, se busca también el apoyo de la población para que participe en el mismo y con el tiempo llegue a pagar el costo del servicio sin perder el concepto de proyecto social.

### Conclusiones

1. En el municipio de Patzicía se generan 11.56 toneladas de desechos diarios, de los cuales casi el 60 % son catalogados como inorgánicos y el resto son orgánicos. Se encuentran diseminados en las 4 zonas del área urbana del municipio, principalmente en el área comercial. Los desechos sólidos domiciliarios son manejados por una empresa particular; de los desechos generados en el mercado municipal se ocupa la municipalidad. La disposición final no es manejada adecuadamente, ya que toda la basura la tiran en un vertedero situado en la periferia del casco urbano. En la actualidad se realizan pláticas para el manejo integral de los desechos sólidos con municipalidades vecinas.
2. Para el manejo adecuado de los desechos sólidos generados en las calles de Patzicía, se requiere de personal y maquinaria apropiada. Se estima que se deben involucrar, dado el volumen de basura, a tres personas que se ocupen de barrer y acumularlas en puntos clave. Se necesita además un camión con capacidad para cargar las 12 toneladas generadas, el tren de aseo se debe realizar dos veces a la semana en horarios estipulados para ahorrar tiempo y recurso, además de proveer al personal con el equipo de seguridad adecuado

### Recomendaciones

1. La municipalidad puede invertir en el tren de aseo un aproximado de Q.250,000.00 anuales y gestionar con otras instituciones y gobiernos de cooperación la compra de transporte, material y equipo que se utilizará para la recolección de los desechos sólidos; además de involucrar a los grupos organizados de agricultores y comerciantes locales para que inviertan en la propuesta llegando a acuerdos donde las todas partes involucradas salgan beneficiadas.
2. Los técnicos municipales de mantenimiento se deben ocupar de la coordinación y funcionamiento del tren de aseo, verificando todos los sistemas, rutas e insumos que el mismo funcione eficientemente.

### Referencias bibliográficas

- Bangala, M. & Osorio, M. (2011). Análisis del Sistema de Recolección de Basura en la Zona Urbana del Municipio de San Pedro Cholula, mediante la aplicación de un modelo de Ruteo de Vehículos con Capacidad. México: Universidad Autónoma de Puebla.
- Barrientos, C. (2000) La Utopía necesaria, aspectos éticos de la Relación Humano Ecológica. Guatemala: Edición Foto publicidad. Guatemala.
- Guía para el Manejo de Residuos Sólidos en Ciudades Pequeñas y Zonas Rurales, (1995).

### Información del autor

Maestro en Artes en Ingeniería Municipal de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2016.

---

## TRATAMIENTO PRIMARIO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PROVENIENTES DE LAS FOTOCELDAS UTILIZADAS EN LOS SISTEMAS DE ALUMBRADO PÚBLICO

---

**Tannia Magaly De León Morán**

Mtra. en Energía y Ambiente  
deleontannia@gmail.com

**Casta Petrona Zeceña Zeceña**

Asesora  
Doctora en Educación  
zecenna@gmail.com

### Resumen

Se realiza la identificación de los componentes de la fotocelda de alumbrado público para 5 marcas diferentes correspondientes a las muestras proporcionadas por municipalidades y empresa privada. Así como la clasificación de las sustancias que pueden presentar los componentes por su fabricación de acuerdo a la condición de toxicidad.

Se trabaja con dos tipos de fotoceldas de acuerdo al tipo de funcionamiento. Para ello, se separan primariamente los componentes de las fotoceldas, se cuantifica la masa y se obtiene el porcentaje en masa de los mismos.

Se determina que en las fotoceldas de alumbrado público existen componentes que poseen sustancias tóxicas como metales pesados y materiales de valor que son cotizados para su reciclaje; sin embargo, los componentes electrónicos que posee la fotocelda así como la fotocelda en sí, se pueden reutilizar hasta agotar su vida útil antes de destinarse para el reciclaje, obteniendo de esta manera una mejor gestión de los residuos electrónicos del alumbrado público.

### Palabras clave

Residuos, alumbrado público, fotoceldas, desechos electrónicos, tratamiento primario, reutilización, reuso, reciclaje.

### Abstract

*This work identifies the components of the photocell in public lighting from 5 different brands corresponding to the samples provided by the local government and private enterprises. In addition, it classifies the substances that may be present in the components according to the condition of toxicity.*

*This analysis has been applied to two types of photocells according to the operation type. Therefore, the components of the photocells were separated to quantify the mass and the mass percentage.*

*The results of the experiment shows that components that have toxic substances exist and also, there are valuable materials that are demanded for recycling however, the electronic components and the photocell itself can be reused until their lifetime ends. This study concludes a better management of electronic waste of public lighting.*

### Keywords

*Waste streetlights, photocells, electronic waste, primary treatment, reuse, recycle.*

### Introducción

El manejo adecuado de los desechos sólidos a nivel nacional merece mecanismos que beneficien a la población en general. Deben estar orientados por medio de políticas que sean ejecutadas por las instituciones a cargo, en caso, las municipalidades.

Hasta el año 2005, se conoce de una política que regule los mecanismos o protocolos a seguir para el manejo de los desechos y las instituciones involucradas. Además, el crecimiento acelerado de las ciudades y el avance de la tecnología con mejoras en eficiencia energética para la disminución de costos, juegan un papel importante para las municipalidades.

De tal manera que, la presente investigación proporciona los lineamientos para realizar el tratamiento primario de los desechos de fotoceldas de alumbrado público.

### Desarrollo del estudio

El estudio es de alcance descriptivo, las variables son cuantitativas tales como la masa de los componentes así como el porcentaje en masa de estos en la fotocelda de alumbrado público y también se trabaja con variables cualitativas.

Entre las variables independientes se puede mencionar la marca de la fotocelda y la condición de funcionamiento de la misma, las cuales ayudan a establecer aspectos de la procedencia de las fotoceldas. Para las variables dependientes se trabaja con la cantidad de componentes presentes en la fotocelda y la clasificación de las sustancias presentes en los componentes de acuerdo a su toxicidad.

La fase de laboratorio inicia con identificar las fotoceldas, establecer su condición de funcionamiento, las medición de masas de la fotocelda; luego se desarma cada una y se determina la masa de los componentes para lo cual se trabaja por triplicado.

### Resultados obtenidos

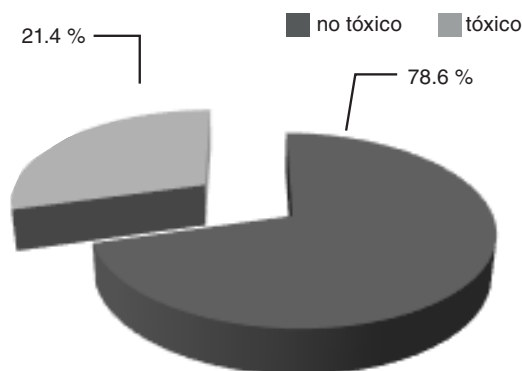


Figura 1. Porcentaje de componentes con materiales tóxicos y no tóxicos en las fotoceldas de sensor fotoresistivo- electromagnético.

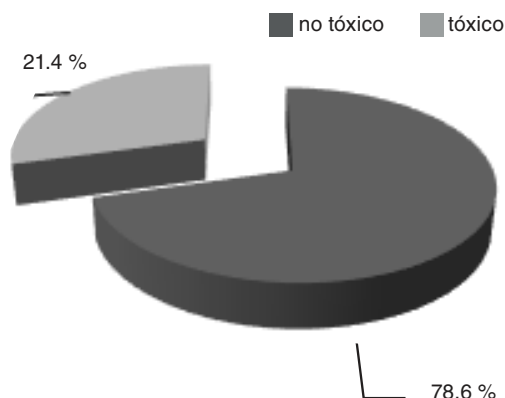


Figura 2. Porcentaje de componentes con materiales tóxicos y no tóxicos en las fotoceldas de comando electrónico .

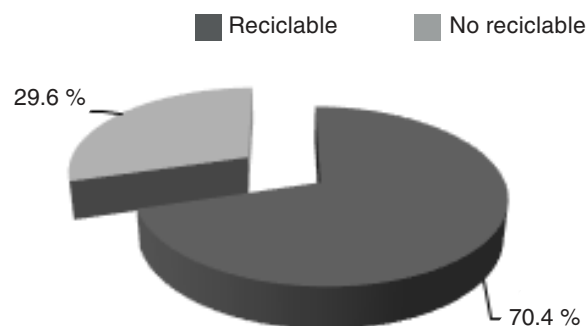


Figura 3. Porcentaje de materiales reciclables y no reciclables en las fotoceldas.

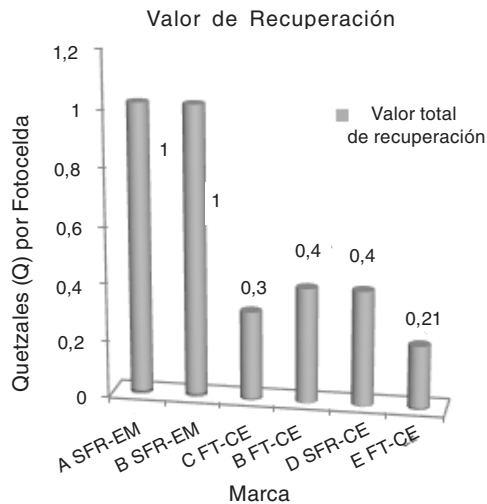


Figura 4. Valor de recuperación por marca de fotocelda en Quetzales (Q).

### Discusión de resultados

Las fotoceldas utilizadas para realizar el estudio se obtuvieron algunas municipalidades y empresa privada. Debido a que el tamaño de la población de estudio es desconocida, se trabaja un tamaño de muestra probabilística, obteniéndose 20 fotoceldas para el estudio.

Para la muestra de estudio, se tomó 7 fotocontroles de la marca A, 9 de la marca B, 2 de la marca E, y de las marcas C y D una de cada una. De estos, 15 fotocontroles presentan una operación por sensor fotoresistivo – electromagnético y 5 por fototransistor con comando electrónico. Las de fototransistor con comando electrónico corresponden a las marcas E, C, D y una de la marca B.

El valor de la desviación estándar ( $\sigma$ ) determina que la dispersión respecto a la media de los datos de las masas trabajadas no supera valores en milésimas para la mayoría de los datos.

La masa de cobre presente es de  $9.303E-02$  kg y  $1.338E-02$  kg para las de marca A y B, respectivamente. Lo cual equivale a un porcentaje en masa de 14 % aproximadamente para las dos marcas. El cobre es un metal pesado que tiene amplio mercado para su reciclaje; en Guatemala existen empresas que compran este material y los precios varían de

acuerdo a la pureza y calidad.

De acuerdo con los materiales presentes en los componentes de las fotoceldas de sensor fotoresistivo–electromagnético, los materiales tóxicos son el Sulfuro de Cadmio (CdS), el cromo (Cr) y la aleación de estaño-plomo. El primero se encuentra en los sensores de luz; el segundo en las resistencias de película de metal, y el tercero en el soldador. De acuerdo a la gráfica 1, estos representan el 21.4 % de los componentes, el 78.6 % no contiene materiales tóxicos y estos componentes representan alrededor del 1.7 % en masa de la fotocelda.

Los componentes tóxicos en las fotoceldas de comando electrónico representan el 29.4 % en masa, dentro de estos se incluyen la aleación estaño-plomo utilizada para sujetar por soldadura los componentes electrónicos, el Óxido de Cadmio (CdO) presente en el relé electromagnético, el Arseniuro de Galio (AsCd) que se encuentra en el circuito integrado, el Sulfuro de Cadmio (CdS) en el sensor de luz de fotoresistencia y el cromo presente en las resistencias de película de metal. Éste es un porcentaje bajo si se toma en cuenta el porcentaje en masa de los componentes con materiales tóxicos, lo que corresponde aproximadamente a un 22 % en masa; además este valor se refiere a las masas de los componentes por lo que la masa de los materiales tóxicos es aún más baja.

El valor de recuperación con base en los materiales reciclables en las fotoceldas, se determina por marca, siendo las de la marca A, las de mayor valor de recuperación estimado de Q1.00/ fotocelda lo que se debe a su porcentaje de cobre y bronce. De igual manera, las fotoceldas marca B de sensor fotoresistivo poseen un valor de recuperación estimado de Q1.00. Estas poseen un valor similar de cobre que las de marca A, así como bronce y un porcentaje mayor de metales magnéticos.

### Conclusiones

1. El tratamiento primario de las fotoceldas de alumbrado público que se propone, aplica desde la desinstalación de la fotocelda e incluye la

clasificación y separación de los componentes electrónicos, la verificación de su funcionamiento para agotar su reutilización y el aprovechamiento de los componentes de la fotocelda de alumbrado público, antes de reciclar los metales que tienen un valor económico y de tomar las acciones para su disposición final.

2. En las fotoceldas de sensor fotoresistivo-electromagnético, se determina, que las sustancias dañinas a la salud, debido a la presencia de metales pesados son: Sulfuro de Cadmio (CdS), Cromo (Cr) y aleación de estaño-plomo (SnPb).
3. En caso que los componentes de la fotocelda no puede tener reutilización, pueden aprovecharse para reciclaje el 95.79 % en masa de las fotoceldas de sensor fotoresistivo-electromagnético y el 74.235 % en masa de las fotoceldas de fototransistor con comando electrónico, el valor de recuperación considera la cantidad de fotoceldas instaladas proporciona un valor atractivo que pueden utilizar las municipalidades en beneficio del medio ambiente.
4. De acuerdo con la valorización de los materiales presentes en los componentes de la fotocelda, el cobre, latón y bronce se encuentran con un porcentaje representativo en los tipos de fotocelda de sensor fotoresistivo-electromagnético y de fototransistor con comando electrónico y poseen un valor de comercialización.

### Recomendaciones

1. Agotar la reutilización de los componentes de la fotocelda de alumbrado público antes de reciclar los metales que tienen un valor económico.
2. Reutilizar los componentes minoritarios que presentan sustancias tóxicas y darle al final de su vida útil el tratamiento necesario.
3. Cuantificar las sustancias tóxicas y desarrollar una metodología para su tratamiento y disposición final como nuevo tema de investigación.
4. Aprovechar la compatibilidad de las fotoceldas con los diferentes tipos de luminaria para

agotar su vida útil y disminuir la adquisición de nuevas luminarias.

5. Realizar un estudio costo-beneficio en la separación en serie de los componentes de las fotoceldas averiadas, poniendo en práctica los lineamientos generales propuestos en este trabajo de investigación, para la separación de componentes.

### Referencias bibliográficas

Acuerdo Gubernativo 234- 2004. Creación de la Comisión Nacional para el Manejo de los Desechos Sólidos-CONADES-. 11 de agosto de 2004. Diario de Centroamérica, 12 de agosto de 2004.

Silva, U. (2010). Los residuos electrónicos: Un desafío para la Sociedad del Conocimiento en América Latina y el Caribe. Plataforma RELAC SUR/IDRC. Recuperado el 3 de agosto de 2014 de <http://www.unesco.org.uy/ci/fileadmin/comunicacion-informacion/LibroE-Basura-web.pdf>

Widmer, R., Krapf, H., Sinha-Khetriwal, D., Schnellmann, M. & Boeni, H. (2009). Introducción general: Perspectivas globales sobre residuos electrónicos. Gestión de Residuos Electrónicos en América Latina. Chile: Ediciones Sur. Recuperado el 4 de agosto de 2014 de <http://www.sitiosur.cl/publicacionescatalogodetalle.php?PID=3540>

### Información del autor

Tannia Magaly De León Morán, Ingeniera Química, graduada de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), en el año 2005.

Maestra en Artes en Energía y Ambiente de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2016.

---

## OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO SOLAR DE LEÑA PARA SU USO COMO BIOCOMBUSTIBLE

---

**Carlos Alejandro Alegre Ordóñez**

Mtro. en Energía y Ambiente  
caalegreo@gmail.com

**José Antonio Rosal Chicas**

Asesor  
Mtro. en Energía y Ambiente  
biocombustiblesusac@gmail.com

### Resumen

El combustible de mayor uso en Guatemala es la leña. El aporte de la incineración de leña es la capacidad calórica, la cual se ve afectada por características del estado del biocombustible, una de ellas es su contenido de humedad.

Para reducir el contenido de humedad en las trozas de leña, se desarrolla un modelo de secador solar. A partir de la energía solar recolectada, se alteran las propiedades del aire, aumentando su temperatura y de esta manera realizando una transferencia de calor a las trozas. El estudio se realiza para disminuir los tiempos de secado comparado contra el secado tradicional al aire libre.

El estudio se realiza en tres especies maderables: encino, ciprés y capulín. En las tres especies se realiza el proceso de secado de forma tradicional y de forma artificial, siendo el secado artificial más rápido comparado contra el tradicional; obteniendo resultados diferentes en cada especie acorde a la densidad de cada una.

### Palabras clave

Energía, biocombustible, biomasa, secado, energía solar térmica.

### Abstract

*The principal fuel on Guatemala is firewood. The contribution from the incineration of wood is the caloric power, which is affected by characteristics of the state of biofuel like moisture content.*

*To reduce the moisture content in wood logs, a model of solar dryer was developed. From the collected solar energy, air properties were altered increasing its temperature and thereby making a heat transfer logs. The study was carried out to reduce drying times compared to the traditional open-air drying.*

*The study was conducted in three wood species: oak, cypress and chokecherry. In the three species the drying process traditionally and artificially were performed being the artificial drying the fastest one; obtaining different results in each species according to the density of each one of them.*

### Keywords

*Energy, biofuel, biomass, dry, solar thermal energy.*



## Introducción

En la Política Energética 2013-2027 (Ministerio de Energía y Minas, 2012) biomasa se define como “materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía” (p. 48).

Según Fundación Solar en Guatemala (2013), la tasa de deforestación anual es del 2,1 %. La Política Energética 2013 – 2027 (2012), indica que cerca de 16 millones de metros cúbicos de leña se consumen anualmente.

En la Política Energética 2013 – 2027 (Ministerio de Energía y Minas, 2012); se indica que la leña constituye el combustible de mayor demanda en el país, representando en el año 2012, el 57 % del consumo energético del país. FAO (citado en Fundación Solar en Guatemala, 2013), indica que la leña constituye el 63 % del consumo energético del país.

Según Inzunza (2007), la capacidad calórica (C) de cualquier sustancia se define como “la cantidad de calor que se requiere para elevar la temperatura de una sustancia un grado Celsius por cada kilogramo de material” (p. 366).

Al momento de incinerar, las trozas ocupan parte de su capacidad calórica para disminuir su contenido de humedad interna.

El secado solar de leña consiste en realizar el proceso de disminución del contenido de humedad utilizando como fuente de energía el sol.

## Desarrollo del estudio

Se tomó como referencia la panadería San Antonio, ubicada en San Lucas Sacatepéquez, se realiza un censo de consumo de leños en el año 2015, determinando un rendimiento semanal de 600 trozas para 4750 panes.

En la panadería se utiliza como combustible para un horno fabricado de ladrillo tayuyo y recubierto con mezcón, leña principalmente de encino (quercustristis), la cual se seca por método tradicional durante un período de 30 días y se incinera con una humedad aproximada de 75,75 %.

Tomando como muestra representativa una tarea de leña (600 leños medianos), considerando la información del mapa de radiación solar de la República de Guatemala del MEM y las condiciones climáticas de la estación Suiza Contenta del INSIVUMEH, se realiza el diseño del secador solar.

El proceso de diseño se basa en la propuesta de Luna y Cruz (2003); considerando el área de colector solar acorde a la incidencia solar, la conductividad térmica del vidrio y la emisividad de la placa colectora. Ver figura 1.

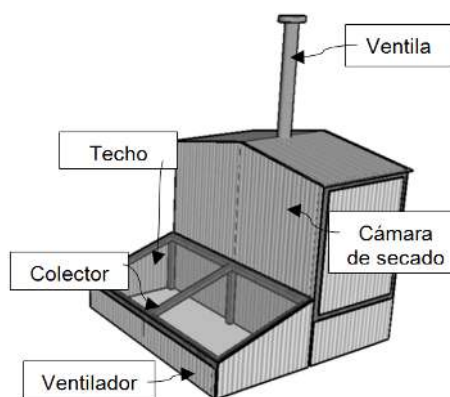


Figura 1. Modelo propuesto de secador solar.

## Resultados obtenidos

Tras evaluar el proceso de secado de tres especies maderables: encino (quercustristis), ciprés (cupressus lusitánica) y capulín (trema micrantha), especies de la región de San Lucas Sacatepéquez utilizadas para cocinar; durante un período de 32 días (comprendidos del 13 de octubre al 13 de noviembre del 2015), se obtuvieron los resultados mostrados en las figuras 2, 3, 4 y tabla I.

Tabla I. Condiciones climáticas durante período de estudio.

Variable	Cantidad	Unidad
Ti media	24,2	°C
Te media	19,1	°C
$\Delta T$	5,2	°C
Ac	45,5	%
Hi media	71,8	%
He media	73,2	%
Nubosidad	6	Octas

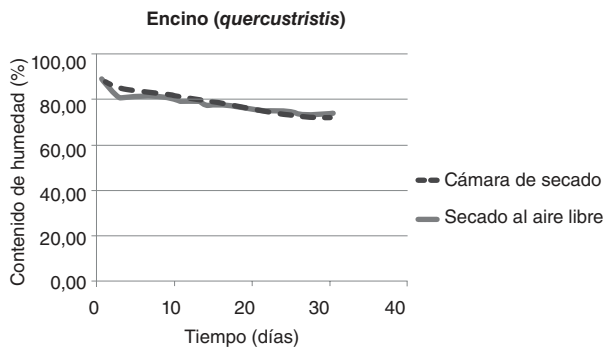


Figura 2. Curva comparativa de secado de encino (*quercustristis*)

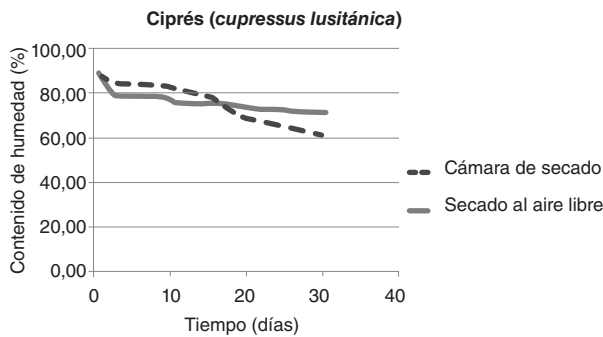


Figura 3. Curva comparativa de secado de ciprés (*cupressus lusitánica*).

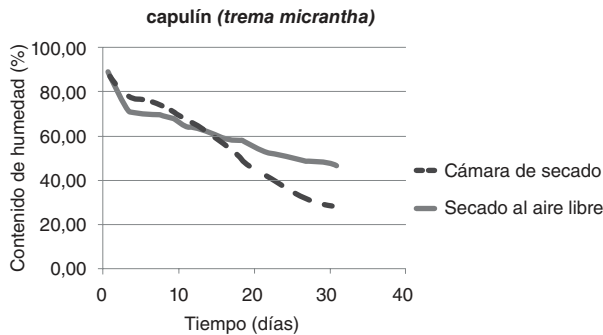


Figura 4. Curva comparativa de secado de capulín (*trema micrantha*).

De manera posterior al estudio y habiendo continuado con el proceso de secado solar, se realiza un comparativo de los resultados obtenidos por el método gravimétrico, tomando muestras analizadas en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la USAC. Los resultados obtenidos en laboratorio son:

Tabla II. Condiciones climatológicas durante período de estudio.

	Especie		
	Quercustristis	Cupressus lusitánica	Trema micrantha
Humedad promedio (%)	15.16	15.16	15.16
Humedad aserrín (%)	13.41	11.52	12.55
Absorción promedio (%)	12.71	13.56	16.40
Contracción volumétrica promedio (g/cm³)	0.82	0.65	0.43
Porcentaje de cenizas (%)	8.17	5.19	6.16

### Discusión de resultados

Al analizar tres especies maderables, se obtienen tres resultados diferentes entre sí, siendo la densidad de cada especie su característica de diferencia. En las tres especies el contenido de humedad tras 32 días de secado de las trozas cuyo proceso se realiza de manera artificial, es menor a las de método tradicional.

Para el encino (*quercustristis*), la diferencia del contenido de humedad final entre secado artificial y tradicional es 1,19 %. De las especies analizadas es la más densa y en la que es más difícil retirar el agua.

Para el ciprés (*cupressus lusitánica*), la diferencia del contenido de humedad final entre secado artificial y tradicional es 10,13 %, lo que representa un 17,25 % del contenido de humedad final obtenido en el interior de la cámara de secado.

Para el capulín (*trema micrantha*), la diferencia del contenido de humedad final entre secado artificial y tradicional es 18,97 %, lo que representa un 69,27 % del contenido de humedad final en el interior de la cámara de secado. Esta especie es la de menor densidad y en la que se obtienen los mejores resultados.

### Conclusiones

1. Durante el censo de condiciones iniciales de humedad y secado realizado en la panadería

San Antonio, San Lucas Sacatepéquez, se determina que el secado se realiza al aire libre, iniciando el proceso con una humedad del 90,0 % (contenido de la troza al ser cortada), se utiliza principalmente encino (*quercustristis*) y se incinera tras un mes de secado, estimando un 75,75 % de contenido de humedad al final del proceso durante un período de 30 días.

2. El principio de operación del modelo se refiere a elevar la temperatura del aire en el colector solar. Por diferencia de presiones, el aire pasa del colector a la cámara de secado, en la cual se eleva la temperatura media interna en un delta de 5,2°C, en la cual la energía colectada realiza un proceso de transferencia de calor hacia las trozas apiladas, reduciendo así su contenido de humedad. El aire se renueva a partir de ingreso de aire en el colector y salida de la cámara de secado, a través de una tubería de escape.
3. El encino (*quercustristis*) presenta un delta de 1.19 % y se llega a un contenido de humedad de 70.45 % en la cámara de secado. El ciprés (*cupressus lusitánica*) presenta un delta de 10.13 % y llega a un contenido de humedad de 58.75 % en la cámara de secado. El capulín (*trema micrantha*) presenta un delta de 18.97 % y se llega a un contenido de humedad de 27.23 % en la cámara de secado, siendo ésta la especie que presenta los mejores resultados disminuyendo considerablemente el período de secado. Tras un tiempo de secado de tres meses en el interior del secador solar, se obtiene un resultado de contenido de humedad de 15.16 % en las tres especies.

### Recomendaciones

1. Desarrollar estudios en búsqueda de optimizar cada componente del secador solar. Se debe enfatizar el uso de aislantes térmicos, para mejorar la eficiencia.
2. Desarrollar estudios de la implementación de sistemas de secado artificial con fuente de energía renovable a gran escala, para evidenciar la

importancia del secado previo a incinerar leña como ahorro del recurso.

### Referencias bibliográficas

- Ábrego Garrués, J., Reseau, A., García Galindo, D. (2010). Energía de la biomasa, volumen I. Universidad de Zaragoza, España.
- Fundación Solar (2013). Estufas ahorradoras de leña, la experiencia de la fundación Solar en Guatemala. Guatemala: PNUD.
- Inzunza, J. (2007). Física: Introducción a la mecánica y calor. Concepción: Chile. Universidad de Concepción.
- Luna, C., Cruz, C. (2003). Diseño y construcción de un secador para maderas con energía solar. (Tesis de grado). Ecuador. Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Ministerio de Energía y Minas (2012). Política energética 2013-2027. Guatemala.

### Información del autor

Carlos Alejandro Alegre Ordóñez, Ingeniero Civil, graduado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2012. Maestro en Artes en Energía y Ambiente de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2016.

---

## DISEÑO DE TANQUE DE CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA EN CASILLAS, SANTA ROSA

---

**Magda Dinora Hernández Choc**

Mtra. en Ingeniería para el Desarrollo Municipal  
madeleinehito@gmail.com

**Luis Estuardo Ovando Lavagnino**

Asesor  
Master en Planificación y Gestión Urbana  
luisers84@yahoo.com

### Resumen

El diseño de un tanque de captación y tratamiento de agua surge posterior a profundizar en las necesidades detectadas en el barrio Las Flores, La Huertecita, relacionadas con el acceso al servicio de agua. Esta propuesta se desarrolla tomando en cuenta aspectos técnicos y consideraciones en la elección de materiales versátiles, la cual se enfoca en mejorar el servicio de agua potable.

El desarrollo que se realiza en la fase de trabajo y visita de campo permite establecer que el caudal obtenido es el adecuado para suministrar el servicio de agua, con base en dicho resultado se prefiguran las dimensiones del tanque, volumetría, el diseño final y la elección de materiales, incluyendo a la propuesta el tratamiento del agua para establecer un proyecto integral.

Posterior a los resultados mencionados, se definen los componentes del sistema, la captación y conducción, almacenamiento adecuado, componente ambiental, componente social y la distribución del agua potable, en este sentido, se visualiza positivamente el desarrollo y formulación del proyecto.

### Palabras clave

Diseño de tanques de captación, desinfección del agua, tratamiento del agua, agua potable, acceso al agua.

### Abstract

*The design of a water collection and treatment tank emerged after the analysis of the needs detected in the neighborhood Las Flores, La Huertecita, related to access to water service. This proposal offers technical aspects and considerations in the choice of versatile materials focusing on improving the service of drinking water.*

*The field visit phase allowed to establish that the obtained flow is adequate to supply the water service and it was taken into account to prefigure the tank size, volumetry, final design and choice of materials along with water treatment to establish a comprehensive project.*

*In addition, the components of the system was defined to collect and conduct adequate storage in the physical and social environment to distribute drinking water bringing key basis to formulate and development of the project.*

### Keywords

*Tank design collection, water disinfection, water treatment, potable water, access to water.*

## Introducción

En el casco urbano de Casillas, se detecta que el servicio de agua municipal presenta diversas deficiencias en la red que abastece al barrio Las Flores, su estructura es muy antigua, así como el sistema (tanque antiguo del casco urbano), los habitantes informan que es obsoleto e infuncional para sus necesidades.

El acceso al agua con calidad, es inherente a los servicios municipales, por lo cual los pobladores de La Huertecita, solicitan a las autoridades locales la realización de un proyecto para mejorar el servicio de agua y suplir sus necesidades.

Con la propuesta del diseño de tanque de captación y tratamiento de agua, en Casillas, Santa Rosa, se apoya al gobierno local en los servicios profesionales y en la planificación, se aporta a la comunidad un proyecto integral que comprende el diseño del tanque, planos, perfil y presupuesto.

## Desarrollo del estudio

Inicialmente se realizan algunas entrevistas y posterior a ello, se procede a efectuar visitas de campo para verificar el nacimiento de agua y observar la capacidad del caudal que se iba a suministrar.

La solución ensayada se logra al considerar que, el servicio de agua que abastecía el sistema no cubría las necesidades que demandaba la comunidad afectada.

Se contacta e informa al gobierno local de Casillas, la situación observada en el servicio de agua municipal, en el barrio las Flores, La Huertecita, para mostrar el escenario del debilitamiento en dicha competencia municipal.

Con base en las ideas expuestas por los habitantes, se procede a realizar en un orden propio, la recopilación de la información, reuniones con autoridades locales, entrevistas al COCODE y vecinos.

La propuesta de diseño de tanque de captación y tratamiento de agua se enfoca en que su construcción permita suministrar agua por medio de una red y pueda llegar a todas las viviendas, el agua

almacenada en el tanque debe contar con desinfección adecuada para que los usuarios cuenten con agua potable para consumirla.

El proyecto permite al gobierno local de Casillas, mejorar el servicio municipal de agua, en el barrio Las Flores, brindando un servicio integral a las viviendas y mejorar la higiene y salud para toda la comunidad.

## Resultados obtenidos

Cálculos del caudal

$Q = \text{Volumen (en litros) / tiempo (en segundos)}$

$Q = 24.40 \text{ l} / 6.33 \text{ s} = 3.85 \text{ l/s}$

## Demanda actual y población

Para obtener estos datos, se realizó un censo en el barrio Las Flores, La Huertecita, los cuales permiten obtener el número de viviendas, con el fin de establecer los beneficiarios de la propuesta y la demanda del servicio. Los resultados se muestran a continuación.

Tabla I. *Población general*

Tipo de habitantes	Cantidad de habitantes	Porcentajes
Mujeres	200	53.33 %
Hombres	175	46.67 %
Población total	375	100 %

Cálculo de población futura

$P_F$  = población futura,  $P_o$  = población inicial,  $\iota$  = tasa de crecimiento poblacional %  $n$  = número de años en el futuro.

Según (INE) la tasa de crecimiento poblacional de Casillas, Santa Rosa es del 1.4 %.(PDM,2011-2025).

## Crecimiento poblacional geométrico:

$$P_F = (P_o + \iota)^n$$

$$P_F = (375 \text{ habitantes} + 1.4\%)^{25} = 2,461 \text{ habitantes}$$

**Cálculo para la dotación**

$Q_m$  = caudal medio en litros por segundo (l/s)

$P_o$  = población objeto actual

86,400 = factor para convertir el tiempo en segundos

Cálculo de caudal medio diario ( $Q_m$ )

$Q_m = (P_o * \text{dotación}) / 86,400 = \text{L/s}$

$Q_m = (2,461 \text{ habitantes} * 100 \text{ l/hab/día}) / 86400$

$Q_m = 2.84 \text{ l/s}$

**Componentes del sistema:**

Tanque, red de distribución, cajas de válvula de entrada, cajas de válvula de salida, dispositivo de desagüe y rebalse, instalación de tubería, cajas de válvula de compuerta, caja de clorador y mezclador.

**Captación y conducción del agua**

Las dimensiones del tanque son: 5.50 metros de longitud, por 5.50 metros de ancho, por una profundidad de 2.25 metros, con un volumen de 68.00 metros cúbicos.

**Inversión y cooperación**

Para este proyecto fue necesario contemplar la obtención de recursos para su construcción por medio de la cooperación internacional, trabajando en forma bilateral y busca el desarrollo para la comunidad.

**Discusión de resultados**

Para el presente caso, las autoridades locales se interesan en la propuesta, ya que es un aporte en el proceso de planificación y es importante por la información que conlleva y que se ha recabado del grupo de participantes involucrados.

Es una competencia propia del gobierno local, otorgar un adecuado servicio a los habitantes del barrio Las Flores, La Huertecita, por lo cual el servicio de agua potable se plantea como una meta específica. Con esta propuesta se minimiza el tiempo en la planificación del proyecto para incentivar en la gestión.

Dentro de los impactos sociales se incluye que los habitantes hayan sido capacitados para realizar la

supervisión, operación y mantenimiento del sistema, el uso racional del agua y mejoramiento de la higiene en la comunidad.

**Conclusiones**

1. Cumpliendo con la meta, se propuso una nueva oportunidad en el tema de acceso al agua potable, por medio de la propuesta, diseño de tanque de captación y tratamiento de agua, para el barrio Las Flores, La Huertecita, en Casillas, Santa Rosa.
2. Se planifica, formula y se diseña el tanque de captación, que la propuesta fuera integral.
3. Para el cumplimiento de los objetivos, se determina la situación inicial acerca de la captación y tratamiento del agua mostrando datos, que quedan evidenciados como registros. Se establece el diseño de tanque de captación, integrado por los componentes adecuados que necesitaba el proyecto con base a la solicitud de los comunitarios.

**Recomendaciones**

1. Incentivar a las municipalidades que planifiquen proyectos de servicio municipal de agua en beneficio colectivo y mejorar la administración y servicio público.
3. Los proyectos de agua deben planificarse, por lo cual se recomienda a las autoridades municipales tomar en cuenta la ejecución de este proyecto en un plazo de tiempo adecuado de un año máximo.

**Referencias bibliográficas**

- Agüero.R. (1997). Agua potable para poblaciones rurales, Sistema de abastecimiento por gravedad, sin tratamiento. Lima, Perú.
- Bautista. Jouraviev. A (2013). El derecho humano al agua y saneamiento frente a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, Impreso en Naciones Unidas.

Camacho. A (2010) Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento Con Tecnologías Alternativas, Ministerio de Ambiente y Agua, Colombia Bogotá.

### **Información del autor**

Licenciada en Arquitectura, Magda Dinora Hernández Choc, egresada de la Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), año 2013.

Mtra. En Ingeniería para el Desarrollo Municipal de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) 2017

---

## SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON PANELES SOLARES INDIVIDUALES A LA ALDEA SEARRANX, LIVINGSTON, IZABAL

---

**Benedicto Estuardo Martínez Guerra**

Mtro. en Energía y Ambiente  
sl\_arriola@hotmail.com

**Juan Carlos Fuentes Montepeque**

Asesor  
Mtro. en Hidrología y Recursos Hidráulicos  
jcfuentes24@gmail.com

### Resumen

El método común para llevar energía eléctrica a las comunidades que no cuentan con ella, es ampliar las líneas y redes existentes próximas; sin embargo, esta técnica no es viable al tratarse de poblados alejados y de difícil acceso, pocos habitantes y gran dispersión entre viviendas. En estos casos los sistemas solares autónomos son una buena solución, por su descentralización y costos relativamente bajos.

El presente proyecto tiene por objeto la identificación de los requerimientos que las entidades responsables de la planificación y desarrollo de los proyectos de electrificación en Guatemala, solicitan a las comunidades para incluirlas, y en este caso particular, se estudia la situación de la aldea Searranx, en el municipio de Livingston, departamento de Izabal.

En los resultados obtenidos se tiene: lista de personas interesadas, croquis de ubicación de viviendas, plano de ubicación de la aldea y caminos de acceso, croquis de ubicación del último poste con energía eléctrica, datos de temperatura, brillo solar, nubosidad, insolación e información de entidades sociales.

### Palabras clave

Extensión de red, sistemas solares autónomos, variables meteorológicas, insolación, nubosidad.

### Abstract

*The common method for carrying power to communities it is to extend the lines and networks successive; however, this technique is not feasible when dealing with remote villages of small population and large spread between houses. In these cases, the autonomous solar systems are the best solution due to decentralization and low costs.*

*This project aims to identify the requirements for planning and development of electrification projects in Guatemala focusing on the village Searranx located in Livingston, department of Izabal.*

*The results of this work are the list of interested persons, sketches of houses' location, map location of the village and roads access, sketch location of the last post with power, temperature data, sunshine, cloud cover, insolation and information entities health, education, religious, commercial, among others variables available to the community. Therefore, it was established that the village Searranx meets the INDE's requirements to be considered among the programs of electrification with renewable energy.*

### Keywords

*Autonomous solar systems, weather variables.*



## Introducción

En Guatemala existen comunidades en zonas rurales aisladas que carecen de electricidad, estas comunidades se encuentran en los lugares más apartados y distantes de la infraestructura eléctrica existente, imposibilitando su inclusión.

En general, la técnica más utilizada para dar acceso a la electricidad a las comunidades, es la extensión de la red eléctrica. Sin embargo, esta técnica no es factible cuando se trata de llegar a zonas muy alejadas. En estos casos son una solución los sistemas solares autónomos, por su descentralización y aprovechamiento de energías renovables.

El presente trabajo identifica los requerimientos que las entidades responsables de la planificación y desarrollo de los planes de electrificación, solicitan para incluir a la aldea Searranx en los programas.

## Desarrollo del estudio

La investigación se desarrolla en dos etapas:

### Etapa I.

Se recolectan datos para determinar si la comunidad llena las condiciones para ser considerada candidata a electrificarse con fuentes de energía renovable.

Una vez obtenida la información de gabinete, se visita la comunidad para obtener datos de número de viviendas y dispersión, índice de ocupación, capacidad económica, distancia a la línea eléctrica más próxima, entre otros.

### Etapa II.

Se establece el grado de aceptación y compromiso de los vecinos para el pago de la cuota de operación y mantenimiento, por medio de pequeñas encuestas, se revisa los gastos que hacen al comprar velas, Kerosene, entre otros sustitutos de la electricidad. Asimismo, se realiza el levantamiento de información para elaborar el croquis, diagrama de ubicación y el resto de información requerida por el INDE.

## Resultados obtenidos

La aldea Searranx está ubicada en el lado noroeste del lago de Izabal, con coordenadas UTM 16P 238 863, 1 741 356; a una altura de 198 msnm. Dista 36,3 km de la aldea Semox en la carretera principal CA-13. Cuenta con escuela primaria y preprimaria bilingüe, salón de usos múltiples, Iglesia católica e Iglesia evangélica, puesto de salud que atiende a 12 comunidades más. Posee agua entubada sin cloración. La dispersión de las casas en el centro de la aldea es entre 50 y 70 m, conforme se alejan del centro de la aldea aumenta la dispersión hasta alcanzar distancias entre 80 y 120 m. La mayor parte de las viviendas son de adobe, madera y techos de lámina o teja y en las orillas de la aldea las construcciones son más sencillas como ranchos con paredes de troncos de madera y techos de paja.



*Figura 1.* Vivienda típica de madera y paja.

En la aldea existen 117 viviendas de las cuales 98 son aptas para el proyecto, por ser construcciones sólidas que no es posible cambiarlas de lugar. El promedio de ocupantes por vivienda es 5, de donde, 585 personas serían las beneficiadas del proyecto.

### Requisitos del INDE para solicitud de proyectos:

Las solicitudes de introducción de energía eléctrica deben acompañarse de los siguientes documentos:

1. Solicitud dirigida al Gerente de Electrificación Rural y Obras firmada por el Comité, COCODE, asociación legalizada, municipalidad o cualquier otro ente legalmente establecido.
2. Listado de beneficiarios con nombre y número de DPI.
3. Croquis de la comunidad.

Entre los componentes de los sistemas fotovoltaicos que el INDE suministra a las comunidades beneficiadas están: módulo fotovoltaico (150 W) baterías eléctricas, controlador de carga, un inversor para transformar la corriente directa en corriente alterna y disyuntores que interrumpen el paso de la corriente eléctrica al ocurrir un falso contacto.

El INDE considera dos consumos típicos: sistema I, que se reduce a iluminación y dos equipos eléctricos para cubrir las necesidades básicas de viviendas para sistemas aislados (ver Tabla 1). Sistema II, referenciado al salón de usos múltiples y se añade un pequeño televisor, reproductor de video, computador portátil e impresora.

Tabla I. *Estimación de energía por vivienda*

Descripción	Cantidad	Equipo	Consumo W	Horas de uso/día	Consumo Wh/día
Cocina	1	Bombilla Led	5	2	10
Habitación /área interior	2	Bombilla Led	5	2	20
Corredor	1	Bombilla Led	5	3	15
Otros	1	Radio	38	3	114
	1	Cargador de celular	15	1	15
Total			68		174

Fuente: Consumo teórico por vivienda (García, M. 2016).

En la tabla II, se calculó el gasto promedio que tienen las familias por la compra de combustible, candelas, baterías, entre otros, para suplir la necesidad de energía en las viviendas.

Tabla II. *Costo de sustitutos de energía mensual por familia.*

Descripción	Fuente actual de energía	Unidad	Cantidad	Precio unitario Q	Gasto mensual Q
Iluminación	Kerosene	Galón	0.75	24.00	18.00
	Velas	Unidad	8	2.00	16.00
	Ocote	Unidad	10	0.50	5.00
Información, recreación (radio, TV, teléfono)	Baterías pilas	Carga	1	20.00	20.00
		Unidad	4	2.50	10.00

El costo promedio de las baterías instaladas por el INDE en las comunidades es Q2,300.00 y de las bombillas LED es Q35.00.

Para establecer la cuota mensual de aporte familiar se considera el costo de reemplazo de la batería y las bombillas, aunado a Q 150.00 de fondo previsto para eventualidades, dividido en 36 meses iniciales de operación, obteniéndose un valor de Q71.94 de cuota mensual.

Tabla III. *Aporte familiar mensual para gastos de reemplazo de batería, bombillas y fondo de previsión*

Descripción	Cantidad	Costo Q	Total Q	Meses aportes	Aporte mes Q
Batería 12V, especificaciones PER	1	2,300.00	2,300.00	36	63.89
Bombilla LED, 12 V, 5 Watts	4	35.00	140.00	36	3.89
Otros	1	150.00	150.00	36	4.17
Total			2,590.00		71.94

\*Incluye intereses capitalización trimestral, tasa pasiva Banco de Guatemala 5.48% (2016).

## Discusión de resultados

Por indicación del señor Mauricio Meléndez, jefe de la Dirección Coordinadora de Electrificación Rural del INDE -Dicoder-, los miembros del COCODE conocieron los procedimientos y compromisos adquiridos como órgano responsable del seguimiento de la solicitud del proyecto; a lo cual respondieron que asumían la responsabilidad y procederían de manera inmediata a realizar el croquis con coordenadas UTM, listado de interesados y la solicitud de acuerdo a los requerimientos del INDE.

Al comparar el costo mensual por sustitutos de energía (ver tabla II) con el monto del aporte mensual con el proyecto (ver tabla III), la diferencia es Q2.94, valor que no es significativo, al considerar que ya no estarán expuestos a enfermedades respiratorias y a incendios por combustibles, entre otros.

Con la información de temperatura media, 26.4 °C, nubosidad de 7 octas, brillo solar de 5.83 horas por día e insolación de 175 Watts/m<sup>2</sup>; se determina que el módulo fotovoltaico de 150 W, es capaz de generar una corriente a una determinada tensión, capaz de suministrar la potencia necesaria para cubrir la demanda por vivienda (68 W), en las condiciones de carga y operación establecidas (ver Tabla 1).

### Conclusiones

1. La necesidad básica de energía eléctrica de los vecinos de Sarranx es similar a la típica del INDE, para viviendas aisladas, equivalente a 68 watts.
2. El promedio diario de exposición a la radiación solar registrado en la zona (calor, luz y rayos ultravioleta), favorece la operación de los equipos fotovoltaicos considerados para el proyecto.
3. Con base a los resultados obtenidos se determina que la aldea Sarranx, cumple con los requerimientos administrativos, físicos y socioeconómicos para ser considerada a electrificar con sistemas aislados con fuentes renovables de energía.

### Recomendaciones

1. El INDE debe promover el uso de energías renovables para electrificación rural en comunidades aisladas, para agilizar el proceso de dotarles de este vital servicio.
2. Paralelo a los programas de electrificación con sistemas solares, debe implementarse un programa de reciclaje de baterías y componentes, para evitar que al desecharlas contaminen el ambiente.
3. Instruir a los usuarios en el uso correcto de los equipos para asegurar largos períodos de operación y funcionamiento.

### Referencias bibliográficas

García, M. (2016). Frecuencia de incidencias y desperfectos en los sistemas solares autónomos de electrificación, INDE, PMER. (Comunicación personal)

Instituto Nacional de Electrificación. (2013). Normativo No. 56, para Regular Sistemas Aislados con Recursos Renovables para Electrificación Rural en Zona Aisladas. Guatemala.

Meléndez, M. (2016). Modelos de encuestas socioeconómicas de gerencia de Electrificación Rural y Obras, INDE. (Comunicación personal)

Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Energía. (2015). Estadísticas Energéticas Subsector Eléctrico 2014. Guatemala.

Muñoz Anticona, D. (1988). Tesis: Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

NRECA International. Ltd. (2012). Primer Informe Plan Maestro de Electrificación Rural Guatemala. Guatemala.

### Información del autor

Ingeniero Industrial, Benedicto Estuardo Martínez Guerra, graduado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 1994.

Postgrado en Especialización en Mercados Eléctricos de la Escuela de Estudios de Postgrado, Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2014.

Postgrado en Especialización de Energía de la Escuela de Estudios de Postgrado, Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2016.

Maestro en Artes Energía y Ambiente de la Escuela de Estudios de Postgrado, Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2016.

---

## ANÁLISIS DE PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS MEDIANTE TÉCNICAS GEO-ESPACIALES CON ENFOQUE INTEGRAL EN LA MICROCUENCA DEL RÍO BONITO, IZABAL.

---

**Iván Antonio Salazar Sosa**

Mtro. en Energía y Ambiente  
ivansala62sosa@gmail.com

**Rosa Liliana Hernández**

Asesora  
Mtra. en Energía y Ambiente  
lilianahdezt@hotmail.com

### Resumen

La aplicación de herramientas geoespaciales con enfoque de manejo integrado para cuencas en el análisis de proyectos hidroeléctricos, es una valiosa ayuda que ahorra costos y tiempo mediante la modelación, la asignación y localización de actividades en la ordenación del territorio. Este trabajo de investigación establece zonas de fragilidad ambiental, mediante la sobre posición de capas o shapes preexistentes, adaptados a la microcuenca en estudio, realizando un análisis de variables y factores de vulnerabilidad y riesgos a impactos ambientales por actividades de proyectos hidroeléctricos.

### Abstract

*The application of geospatial tool with integrated basins in analyzing management approach hydroelectric projects are a valuable help to save costs and time by modeling, allocating and locating activities in the planning. This research establishes environmentally fragile areas by overlapping layers or pre-existing shapes adapted to the watershed studied conducting an analysis of variables and risk factors of vulnerability and environmental impacts of hydropower projects.*

### Palabras clave

Análisis geoespacial, microcuenca, manejo integrado, cuenca hidrográfica, impactos ambientales, mitigación.

### Keywords

*Geospatial analysis, micro river basin, integrated management, watershed, environmental impacts, mitigation.*

## Introducción

El análisis geoespacial establece e identifica zonas para la protección y conservación, áreas para la recarga hídrica y el manejo con prácticas para conservación de suelos, sintetizando información y optimizando recursos; siendo una herramienta efectiva para la toma de decisiones en la aprobación y evaluación de actividades dentro del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas, SIGAP, el cual se constituye en una metodología de fácil aplicación y de ahorro de costos.

La aplicación de tecnología SIG puede superponer muchos tipos de datos, incluidos los demográficos, estadísticos, topográfico, la infraestructura de la ciudad, clima, hídrico, forestal, ambiente, vegetación, riesgos, geología, fisiografía y otros representados en mapas para transformar datos complejos en información útil. En conjunto, los programas de SIG, los datos y las metodologías se combinan para proporcionar una tecnología llamada análisis geoespacial, según Puerta, Rengifo y Bravo (2011).

Los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones según Calderón, Álvarez y Axpucac (2011).

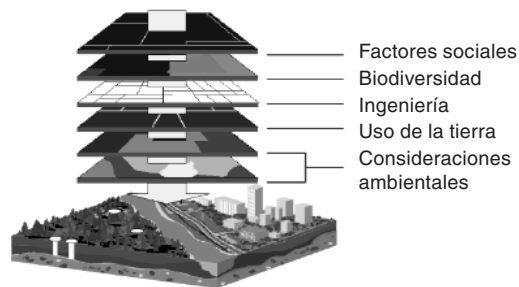


Figura 2. Proceso de análisis geoespacial y sobre posición de capas para generación de información y mapas temáticos

Fuente: Manual Técnico Software para análisis geoespacial Arc gis 10 Básico Universidad Agraria Perú 2011.

En el presente estudio se define el manejo integrado de evidencias como la herramienta que permite desarrollar las directrices de protección del recurso, ordenación de recursos naturales, ordenamiento te-

rritorial, con el fin principal de mejorar o fortalecer el nivel y calidad de vida de las poblaciones, García (1997).

## Desarrollo del estudio

El presente estudio describe y explica la funcionalidad de Manejo Integrado de Cuenca, utilizando la metodología del análisis Geoespacial como una herramienta de aplicación para el enfoque integral en la microcuenca de río Bonito en la reserva protectora de manantiales Cerro San Gil, Izabal, como parte del proceso de la evaluación de instrumentos de impacto ambiental de proyectos hidroeléctricos, a utilizarse en la Unidad de Estudios de Impacto Ambiental del CONAP. Se recopilan las capas o shapes correspondientes a la geomorfología y aspectos biofísicos, posteriormente, se realiza el reconocimiento e identificación de algunos de estos aspectos en campo, así como la identificación de posibles impactos y sus medidas de mitigación más adecuadas, vinculados a matrices de evaluación.

La metodología se propone como una herramienta práctica y factible para la toma de decisiones en el análisis de las distintas propuestas de proyectos hidroeléctricos que fortalezcan los principios de la sostenibilidad.

## Resultados obtenidos

Para el presente caso se identifican las variables biofísicas y geomorfológicas en las que puede tener incidencia directa un proyecto hidroeléctrico.

Tabla I. Matriz de identificación de variables y vulnerabilidad a impactos

Variables de Importancia en el ambiente	Vulnerabilidad del área
Cobertura vegetal	Pendientes a lo largo de toda la cuenca
Red de corriente hídrica	Vulnerabilidad de Erosión
Cauce principal	Vulnerabilidad a pérdida de recarga hídrica
Clasificación de suelos	Vulnerabilidad movimiento de tierra
Geología	Vulnerabilidad remoción cobertura vegetal
Sistema de áreas protegidas	Centros de poblados
Pendiente del cauce principal	Zonas de cultivo
Porcentaje de los rangos de pendientes en toda la microcuenca	Deslizamiento, aludes, deslaves
Alturas o altitudes	Soterramiento, deslizamientos

Utilizando la matriz de importancia ambiental, se identifican las principales variables biofísicas que son de importancia ambiental en el área de la microcuenca que pueden estar expuestas a impactos por actividades hidroeléctricas.

Tabla II. *Matriz variables de importancia ambiental*

VARIABLES DE IMPORTANCIA EN EL AMBIENTE	VALOR ASIGNADO
Delimitación y ubicación entro de cuenca, sub cuenca, microcuenca	1
Red de corrientes hídricas	2
Cauce principal	3
Cobertura vegetal	4
Clasificación de suelos	5
Geología	6
Sistema de áreas protegidas	7
Pendiente del cauce principal	8
Alturas o altitudes	9

Se genera una matriz en la cual se asigna una valoración o ponderación con base al riesgo de amenaza y vulnerabilidad de aspectos biofísicos en el área de la microcuenca como se observa a continuación.

Tabla III. *Matriz de importancia de vulnerabilidad*

VARIABLES DE IMPORTANCIA EN EL AMBIENTE	VALOR ASIGNADO
Pendientes a lo largo de toda la microcuenca	1
Vulnerabilidad de erosión	2
Vulnerabilidad a pérdida de recarga hídrica	3
Vulnerabilidad movimiento de tierra	4
vulnerabilidad remoción cobertura vegetal	5
Centros poblados	6
Áreas de cultivos	7

Con el fin de identificar las áreas de las variables que están sujetas a ser impactadas, se realiza una sobre posición de capas para generar un mapa de variables de importancia ambiental que pueden estar sujetos a posibles impactos.

Utilizando la matriz de variables y los rangos asignados, se procede a la sobre posición de capas en el orden dado para generar los mapas de variables de importancia ambiental, que están sujetas a impactos ambientales producto de las actividades hidroeléctricas.

## Discusión de resultados

Con la matriz de identificación de importancia ambiental y la matriz de amenazas se determinaron los posibles impactos ambientales que se generan a lo largo de toda la microcuenca.

Tabla IV. *Relación de jerarquización de impactos*

JERARQUÍA DE IMPACTO	FASE DE CONSTRUCCIÓN	FASE DE OPERACIÓN
1	Creación de empleos directos e indirectos (efecto favorable)	Generación de energía limpia (efecto favorable)
2	Diversificación y promoción económica a nivel local (efecto favorable)	Creación de empleos directos e indirectos (efecto favorable)
3	Eliminación y degradación de la vegetación y consecuente desaparición y/o modificación de biotopos	Mejora en la calidad físico-química de las aguas que se devuelven al río (efecto favorable)
4	Pérdida de suelo fértil y aumento de la erosión	Efecto barrera para la fauna silvestre
5	Alteración de las poblaciones faunísticas	Creación de nuevos hábitats acuáticos para la fauna silvestre (efecto favorable)
6	Compactación y alteración de la geomorfología	Reducción de hábitats para la fauna silvestre
7	Ocupación del terreno	Diversificación y promoción económica (efecto favorable)

Después de identificar, las variables de importancia ambiental para los proyectos hidroeléctricos e identificar las vulnerabilidades en el área y los posibles impactos ambientales, se establecen las medidas de mitigación más adecuadas como parte del manejo integral de la microcuenca.

## Conclusiones

1. Mediante la utilización de una metodología de aplicación de herramientas geo espaciales en la fase de gabinete, se facilita el análisis de la funcionalidad de la cuenca hidrográfica.
2. La caracterización de las principales variables de la microcuenca del río Bonito, permite identificar los principales impactos que podrían darse en la construcción y ejecución de proyectos hidroeléctrico.

El fin principal de la aplicación de las herra-

mientas geoespaciales, es sistematizar la caracterización, priorización y formulación del plan de manejo de la cuenca, sub cuenca y microcuenca.

### Recomendaciones

1. Al realizar propuestas de proyectos hidroeléctricos para el área de la microcuenca del río Bonito, es necesario considerar las adecuadas tecnologías para minimizar los impactos.
2. Es necesario considerar la ubicación de la microcuenca en el área protegida y la normativa aplicable para los usos adecuados y actividades permisibles.
3. Implementar medidas de mitigación como la no utilización de maquinaria pesada, transporte aéreo de materiales, planes de reforestación y manejo de la parte alta de la cuenca para mantener la recarga hídrica.

### Referencias bibliográficas

- Calderón, Álvarez y Axpucac (2011). Utilización de los Sistemas de Información Geográficos para la propuesta del manejo de los Recursos Naturales Renovables de La Parcialidad Chipucac del Municipio de Totonicapán. Trabajo de Graduación Escuela de Postgrado Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Cotler H. (2004) El manejo integral de cuencas en México Instituto Nacional de Ecología (INESEARNAT) insurgentes Cuicuilco, C.P. 04530. México.
- García A., Guzmán R. (1997). Manual Técnico para el Manejo Integral de cuencas hidrográficas Ministerio de Ambiente, Publicaciones SENA Dirección general Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.
- Puerta, R., Rengifo J., Bravo N. (2011). Manual Técnico Básico Arc Gis 10 Universidad Nacional Agraria de la Selva Perú.
- UICN (2,009). Documento técnico. Guía para la elaboración de planes de manejo de micro-

cuenas, basada en la sistematización de la experiencia del Proyecto Tacaná Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza, Oficina Regional para Mesoamérica Apartado 146-2150 Moravia, Costa Rica.

### Información del autor

Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, Ivan Antonio Salazar Sosa, graduado de la Universidad de San Carlos de Guatemala 2011.

Posgrado en Gestión de Riegos y Desastres Centro de Estudios Ambientales de Manizales, Universidad Nacional de Colombia 2012.

Posgrado en Gestión por Resultados y Planificación Estratégica FLACSO, 2014.

Maestro en Artes en Energía y Ambiente, Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería, (USAC), 2016.

---

## CALIDAD DE POTENCIA ENERGÉTICA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN ESCUINTLA – GUATE SUR CIRCUITO I DE 230 KILOVOLTIOS

---

**Erwin Armando Girón Girón**

Mtro. en Energía y Ambiente  
eaggiron@yahoo.com

**Isabel López Tohom**

Asesora  
Mtra. en Ingeniería Mecánica  
isalopezgt@gmail.com

### Resumen

Para el presente trabajo, la calidad de potencia es cualquier manifestación de desviación de voltaje, corriente y frecuencia que resulte fuera de valores normados o impliquen pérdidas relevantes entre los extremos de una línea de transmisión, considerando una de ellas punto inicial del flujo eléctrico y la otra su punto final. Para alcanzar el objetivo principal del estudio se establece que la línea sí tiene aún buena calidad de transmisión de energía eléctrica, con una eficiencia del 99.90 %, a pesar de 50 años de servicio, del medio ambiente por donde se transporta su energía y las interconexiones que en ella interfieren. La fase C tiene diferencias marcadas respecto a las otras fases, por el tipo de configuración existente en la línea de transmisión, afectando principalmente a los valores de voltaje. Las gráficas de diferencia de corriente máxima rms, son semejantes entre sí, en lo que respecta a su comportamiento en las 24 hrs, además tienen un seguimiento de comportamiento, igual a la potencia reactiva de las fases A, B y C, debido a que se conserva el comportamiento de la carga horaria del sistema eléctrico interconectado.

### Palabras clave

Fases A, fase B, fase C, calidad de potencia, eficiencia energética.

### Abstract

*For this work, the quality of power is any manifestation of deviation of voltage, current and frequency that is out of normed values or imply significant losses between the ends of a transmission line, considering one starting point of the electrical flow and the other one its end point, and to respond to the main objective of the study the line must have good quality of power transmission, with an efficiency of 99.90 %, despite 50 years of service, the environment by where its energy and interconnections are transported. Therefore, phase C has voltage behavior different from the other phases due to configuration on the transmission line. The graphs of difference maximum rms are similar to each other in regard to their behavior in 24 hours, also they have tracked behavior equal to the reactive power of the phases A, B and C, because the behavior of the hourly load electricity grid is preserved.*

### Keywords

*Power quality, energy efficiency.*



## Introducción

El presente trabajo se desarrolla sobre el tema de eficiencia energética, en lo que respecta a una línea de transmisión eléctrica de 230 kilovoltios, específicamente sobre el circuito I de la línea de transmisión “Escuintla – Guate Sur”. Se instalan equipos en los extremos de la línea, para recabar datos de los parámetros eléctricos necesarios y hacer la evaluación de pérdidas del transporte de energía, los cuales se evalúan en un período de 7 días de grabación de datos, cada diez minutos, simultáneamente en los extremos de la línea y empleando el método descriptivo y correlacional, se determina la eficiencia de la línea.

## Desarrollo del estudio

El primer paso consiste en programar los equipos empleados, los cuales son dos analizadores grabadores de datos eléctricos, de marca DRANETZ 4400, para realizar la toma de información en las subestaciones de Escuintla y Guate Sur, específicamente en la línea de Escuintla a Guate Sur, Circuito I. Se toman datos simultáneos del 15 de marzo de 2013 a las 18:30 horas, hasta el 21 de marzo de 2013 a las 15:30 horas para capturar cambios dentro de este rango.

## Resultados obtenidos

Para fines de este trabajo se muestra a continuación los siguientes parámetros eléctricos que se obtienen del circuito I de cada día, así como su diferencia, que sirven para analizar la calidad de potencia de la línea en mención: promedios de los voltajes RMS, corriente máxima RMS, potencia máxima por cada fase y potencia máxima total, potencia reactiva fundamental total, factor de potencia mínimo, frecuencia mínima, desbalance de voltaje de secuencia negativa máxima, desbalance de voltaje de secuencia cero máxima, demanda total, corriente total de desbalance secuencia negativa máxima y corriente total de desbalance secuencia cero máxima.

En las gráficas se puede observar durante las 24 horas del día, que el voltaje varía en 4,500 valor

máximo de voltios de fase a neutro, entre las subestaciones.

Las curvas del voltaje promedio de las fases A y B, se mantienen muy semejantes en su comportamiento en las 24 horas, siendo el voltaje en Escuintla mayor que en Guate Sur, pero para la fase C, el voltaje en Guate Sur es mayor que en Escuintla. Sin embargo, en las gráficas de corriente máxima RMS, existe una variación en las fases A y B de 6 y 5 amperios entre las 19:00 y 20:00 hrs. y únicamente en la fase C, la corriente es mayor en Escuintla con un valor máximo de 4 amperios, entre las 00:00 y 06:00 hrs, estas observaciones se pueden interpretar en que la fase C tiene diferencias marcadas respecto a las otras fases, debido al tipo de configuración existente en la línea de transmisión, afectando principalmente a los valores de voltaje.

Se establece que existe un mayor desbalance en el extremo de Guate Sur que en Escuintla, pero éste no sobre pasa el 5 %. Sin embargo, en la corriente de desbalance total de secuencia negativa máxima, sí existen picos de incremento que sobrepasan el 5 % de valor, llegando a 6.5 % y los demás valores están próximos al 4 %.

## Eficiencia energética

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\text{Potencia recibida}}{\text{Potencia de entrada}} \times 100 \%$$

Para el caso de este trabajo, la potencia recibida se ubica en la Subestación Guate Sur y la entrada en la Subestación de Escuintla. Por lo tanto:

$$\text{Eficiencia} = \frac{186,812}{186,987} \times 100(\%) = 99.90 \%$$

## Cálculos de estadística descriptiva

Los promedios de la potencia total en los extremos de la línea, se presentan a continuación.

Tabla I. Promedios diarios de la potencia total en Kilowatts. (Kw).

Número de días	Guate Sur Kilowatts	Escuintla Kilowatts	Diferencia Kilowatts
1	159,8944	159,698	196
2	177,332	177,352	-20
3	179,756	179,838	-82
4	199,139	199,445	-306
5	199,862	200,244	-382
6	201,684	202,078	-394
7	190,013	190,254	-241
<b>Promedio</b>	<b>186,812</b>	<b>186,987</b>	<b>175</b>

Fuente: elaboración propia.

El coeficiente de variación es:

$$CV_{GS} = 6.506266732 ; CV_E = 6.506961437$$

El coeficiente de variación no representa mucho la diferencia de un punto a otro, por lo que se tiene aproximadamente 175 kilowatts de pérdida total en la línea.

Para conocer la calidad de potencia transmitida por la línea, se promedian los valores de cada día tanto en el extremo de Escuintla como en el extremo de Guate Sur, ver Figura 1.

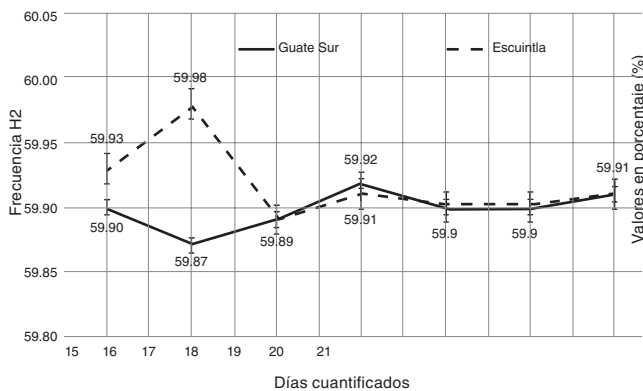


Figura 1. Frecuencias mínimas del 15 al 21 de marzo de 2016.

La diferencia de potencia total máxima activa entre subestaciones de Guate Sur y Escuintla, se muestra en la Figura 2.

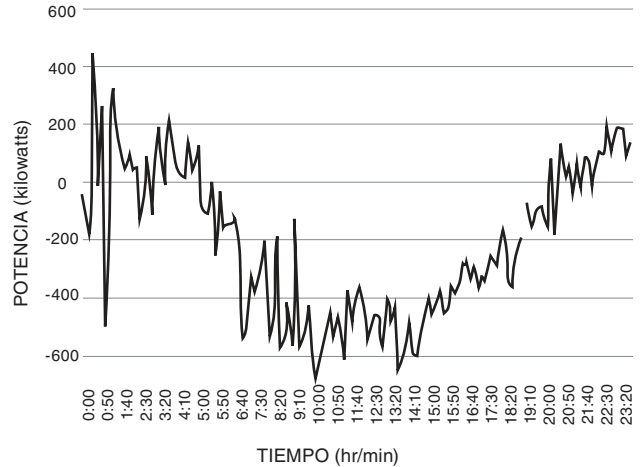


Figura 2. Diferencia de potencia total máxima activa del día 16 de marzo de 2013.

Otro parámetro importante es el desbalance de voltaje máximo de secuencia negativa, el cual se observa que es menor de 1.0 %. cuya gráfica se muestra en la Figura 3.

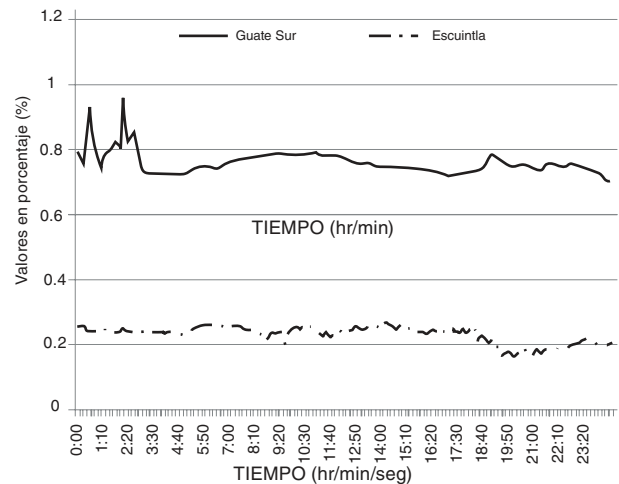


Figura 3. Desbalance de voltaje máximo de secuencia negativa.

### Discusión de resultados

La configuración de las 3 fases en las estructuras que las sostienen, tiene un efecto importante, siendo que: la fase C, que está más próxima a la tierra, produce un efecto capacitivo que incrementa el voltaje sobre las otras dos fases. A y B, por lo que se observa que los voltajes en las fases A y B en Escuintla, son mayores que en la Subestación de Guate Sur; en la fase C el incremento entre los extremos es de 3 kilovoltios, siendo mayor en Guate Sur.

Lo anterior provoca un desbalance de voltajes entre fases, ya que el voltaje entre fases A-B, produce valores más altos en el extremo de Escuintla que en Guate Sur y los valores entre fase B-C y C-A, que involucran la fase C, incrementan el voltaje en el extremo de la subestación Guate Sur, a lo cual el voltaje de 230 kv. no llega a 253 Kv. ni baja a 207 kilovoltios. Por lo que, se encuentra en un rango estable de variaciones, comparado con la tensión nominal, pues se encuentran dentro del rango  $\pm 20\%$ .

Respecto a las corrientes de las fases A, B y C, llegan a un valor máximo de 450 amperios, con una diferencia máxima de 4 amperios entre Escuintla y Guate sur, observando que en la fase C el valor de la corriente es mayor en Guate Sur que en Escuintla, o sea que si la corriente máxima admisible es de 878 amperios los 450 son el 51 % de capacidad de transporte que emplea la línea de transmisión en relación a su amperaje.

### Conclusiones

1. La calidad de potencia energética desarrollada se encuentra dentro del rango de “muy buena calidad”, ya que se analizan las tres fases A, B y C, durante 7 días, cada 10 minutos, con base en la variación de voltaje.
2. Se identifican disturbios eléctricos, tanto en parámetros de potencia como en valores de corriente, pero estos no fueron periódicos en los 7 días evaluados y corresponden a efectos producidos por agentes interconectados en las subestaciones de Escuintla y Guatemala Sur.
3. Los valores obtenidos de parámetros eléctricos, como voltaje y frecuencia, están dentro de los parámetros que rigen en Guatemala, por ejemplo, la frecuencia mínima es de 59.90 Hz y la eficiencia energética encontrada es de 99.90 %.

### Recomendaciones

1. Dar mayor atención a las líneas y subestaciones que se interconectan con la Subestación de Escuintla, así como a las cargas de usuarios

y plantas cogeneradoras importantes del área, ya que su interconexión tiende a modificar la calidad de potencia que se transfiere en la línea de transmisión de Escuintla – Guate Sur en 230 kilovoltios.

2. Es importante mejorar la potencia reactiva en la subestación de Guate Sur y emplear un programa adecuado para la operación de la línea.
3. Realizar cálculos de sobre-potenciación, tanto del circuito 1 como el circuito 2 de dicha línea de transmisión, previendo que el crecimiento de la demanda provoque problemas en la calidad de potencia energética a unos 10 años, a partir de la fecha de este trabajo.
4. Realizar estudios de calidad de potencia en los distintos puntos del sistema de interconexión eléctrica, así como en puntos de conexión con plantas generadoras y cargas importantes de usuarios, para el mejoramiento de la calidad de potencia y eficiencia eléctrica del sistema interconectado.

### Referencias bibliográficas

- Barnett, R. (2012). Power Quality Measurement and Analysis Basics. NTT.Workforce development Institute.
- Enrique Santana, T.Z.(2007) Energía para la eficiencia. Redes eficientes energéticamente. (1, 15, 16) Smalling, A.J. (1998) Basic Electric PowerTransmission. Tulsa, ok: Penn Well Publishing Company.
- Tyler G. Hicks, P. (2012), Handbook of energy Engineering Calculation. United Station o America. The McGraw-Hill Companies Inc.

### Información del autor

Ingeniero Electricista, Graduado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 1990.

Maestro en Artes en Energía y Ambiente, Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería, (USAC), 2016.

---

## CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DE LA HIDROSIEMBRA CON MULCH DE REFINACIÓN TÉRMICA PARA EL CONTROL DE EROSIÓN Y ARRASTRE DE SEDIMENTOS EN TALUDES DE CORTE Y RELLENO DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA

---

**Mario Alberto Fong García**

Mtro. en Energía y Ambiente  
mariosml84@gmail.com

**Juan Carlos Fuentes Montepeque**

Asesor  
Mtro. en Hidrología y Recursos Hídricos  
jcfuentes24@gmail.com

### Resumen

La erosión por definición, se describe como un proceso natural de degradación de los suelos, pueden ser causados por agentes erosivos como el agua y el viento (Almorox, 2010). El impacto generado por el desarrollo de proyectos de infraestructura tiene graves repercusiones sobre el suelo, degradándolo rápidamente a través del proceso erosivo y depositando sedimentos en los cuerpos de agua, aunque la erosión sea un proceso natural, el cambio de uso del suelo acelera el proceso de degradación de los suelos al punto de tener severas implicaciones ambientales como deslizamientos, pérdida de biodiversidad, daños directos a los ecosistemas, entre otros.

Una de las técnicas más adecuadas para el control de la erosión, es el uso del establecimiento de vegetación en aquellas áreas intervenidas, siendo la hidrosiembra el sistema más adecuado. Se determina que el uso de vegetación permite el proceso de sucesión ecológica dentro de ecosistemas degradados, además, permite la interacción de seres vivos dentro de la zona radicular de la vegetación y en el área del follaje de las plantas.

### Palabras clave

Erosión, sedimentos, suelos, hidrosiembra, mulch, sustrato, fibra de madera, escorrentía.

### Abstract

*Erosion by definition is a natural process of soil degradation caused by agents such as water and wind (Almorox, 2010). The development of infrastructure projects has serious repercussions on the ground degrading it rapidly through erosion process and depositing sediments in water bodies to the point of having severe implications environmental and landslides, loss of biodiversity, direct damage to ecosystems, among others.*

*One of the most suitable techniques for erosion control is the use of vegetation in intervened areas through hydroseeding. This work determines that the use of vegetation allows the process of ecological succession within gradients and it also allows the interaction of living beings within the root zone of vegetation and foliage in the area of plant ecosystems.*

### Keywords

*Erosion, hydroseeding, soil.*

## Introducción

La hidrosiembra es una técnica que se utiliza para establecer vegetación en áreas en las cuales se quiere evitar el proceso erosivo en los suelos, mediante el lanzamiento de una mezcla de agua, sustrato a base de fibras de madera o papel, fertilizantes y semillas de una determinada especie vegetal. Este es un método sencillo y económico que se adapta a cualquier superficie donde exista suelo, generalmente el proceso erosivo se da en aquellos suelos sin cobertura vegetal, producto de un cambio de uso que se le da al suelo. En proyectos de infraestructura es muy común observar cómo un suelo sin cubierta vegetal comienza a degradarse por agentes erosivos, principalmente agua y viento, es importante en estos casos controlar la erosión y puede ser mediante el uso de la hidrosiembra.

El mulch o sustrato de refinación térmica de fibra de madera, es el medio en el cual la semilla obtiene condiciones favorables para que se active su metabolismo, mediante el proceso de imbibición (absorción de agua), debido a la alta capacidad de retención de humedad de las fibras, alrededor de 13.5 veces su peso en agua, este es un factor importante cuando se quiere establecer vegetación en un suelo con pendiente mayor a los 20° (1V:3H) donde por gravedad habrá menor tiempo para la infiltración; tomando en cuenta también que un suelo producto de un corte es más compacto y menos permeable.

## Desarrollo del estudio

El presente estudio se lleva a cabo en taludes de corte y relleno de los siguientes proyectos de infraestructura: ampliación de tramo carretero CA-02 occidente, Mazatenango, Suchitepéquez; proyecto habitacional Los Sauces, Guatemala, Ciudad; hidroeléctrica Ixtalito, Nuevo Progreso, San Marcos; proyecto Vial, San Miguel Petapa, Guatemala.

Se llevan a cabo aplicaciones de 500 m<sup>2</sup> en taludes de corte y relleno para cada proyecto, con mulch de fibra de madera de refinación térmica y atmosférica. Los materiales utilizados en las distintas hidrosiembra son las siguientes:

**Agua.** Es parte fundamental de la hidrosiembra, ya que permite homogenizar y transportar la mezcla de los demás materiales.

**Mulch de refinación térmica.** Es el sustrato que mantiene las condiciones apropiadas para que la semilla germine y se establezca dentro del talud, mediante la raíz.

**Fertilizantes.** Generalmente, el suelo utilizado en taludes de relleno o corte son suelos poco desarrollados o poco meteorizados, con bajo contenido de materia orgánica y bajo contenido de nutrientes esenciales para la planta.

**Semillas.** Se utilizan semillas de gramíneas, debido a su alta tolerancia a deficiencias nutricionales y sequía, las especies utilizadas son:

Tabla I. *Especies utilizadas para las hidrosiembras.*

Especie	Dosis de siembra (gr/m <sup>2</sup> )
Brachiaria brizantha	20
Brachiaria decumbens	20
Brachiaria ruzzi	20
Pennisetum clandestinum	5
Cynodon dactylon	40
Cynodon dactylon	17

## Resultados obtenidos

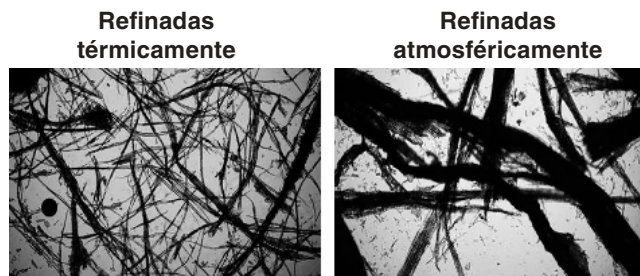
### a) Aplicaciones en taludes de corte y relleno

De las aplicaciones de hidrosiembra en taludes con mulch de refinación térmica se obtienen los siguientes resultados:

Tabla II. *Pruebas de germinación, cobertura en follaje y días hasta germinación con el uso de mulch de refinación térmica.*

Tipo de talud	Área germinada	Germinación (días)
Corte 3V:1H	90	10
Relleno 1V:1H	100	18

Se obtiene una germinación mayor del área germinada, debido a las propiedades físicas de un mulch de refinación térmica, que retienen mayor humedad que un mulch de refinación atmosférica, en la figura 1 se muestra la distribución, tamaño y elongación de las fibras de madera, según su tipo de refinación.



*Figura 1.* Comparación de fibras de madera refinadas térmica y atmosféricamente.  
Fuente: Profileevs (2016).

Una mayor retención de humedad en el sustrato, implica mayor disponibilidad de agua para el proceso de imbibición de la semilla, lo cual garantiza una germinación superior al 90 % de las semillas viables aplicadas.

#### **b) Vegetación para hidrosiembra**

Durante el desarrollo de las aplicaciones se pone a prueba una mezcla de semillas de gramíneas (*Cynodon dactylon*/ *Pennisetum clandestinum*) con una especie leguminosa (*Medicago sativa*), con el objetivo de que la planta leguminosa fije nitrógeno del ambiente y lo ponga a disponibilidad del resto de especies en las raíces, mejorando así la apariencia de la hidrosiembra aplicada y establecida.

#### **c) Establecimiento de la hidrosiembra**

Luego de 30 días de aplicada la hidrosiembra se obtienen buenos resultados reflejados en la apariencia saludable de la grama, como se muestra en la figura 2:



*Figura 2.* Mezcla de semillas de gramíneas con leguminosa aplicada sobre talud de corte con 30 días de aplicada.

Las condiciones de un talud de corte son diferentes a un talud de relleno, a los 75 días de aplicada la hidrosiembra en talud de corte se obtiene una densidad de follaje capaz de reducir el proceso erosivo en el suelo, mejorando la apariencia física del talud, mientras que en un talud de relleno toma 35 días llegar a establecerse la vegetación aplicada y esto es debido a que el suelo es menos compactado con una mayor filtración de agua y más disponibilidad de nutrientes y mejor desarrollo radicular.

Durante el desarrollo y establecimiento de la vegetación pueden presentarse síntomas en la planta correspondientes a deficiencias nutricionales y plagas que pueden dañar tanto el follaje como la raíz, al igual que cualquier otra plantación, es necesario llevar un control semanal, para dar seguimiento y evitar cualquier problema que pueda dañar la vegetación.

Cualquier agente externo a la aplicación, puede retardar el tiempo de establecimiento de la misma, en condiciones ideales se puede considerar que toma de 35 a 75 días controlar la erosión con vegetación.

### **Discusión de resultados**

La germinación de las semillas supera en más del 90 % el área aplicada, debido a la utilización del mulch de refinación térmica (tabla II). Esto se atribuye a las propiedades físicas de tamaño, distribución y elongación de las fibras de madera producto de una refinación térmica en el sustrato aplicado, que permiten una mayor retención de humedad para las semillas dentro de la hidrosiembra.

Las gramíneas son las especies que por su alta tolerancia a condiciones adversas, presentan mejores resultados en las pruebas realizadas, especies como *Cynodon dactylon*, *Pennisetum clandestinum*, *Brachiarias sp* y *Festucas sp*, son las que muestran una apariencia más saludable y una adaptación adecuada a los taludes aplicados (tabla I).

La densidad del follaje de las gramas aplicadas tanto en talud de corte y relleno, muestran que, a los 30 días de aplicada la hidrosiembra se controla la erosión en taludes de corte, mientras que en talud

de relleno son necesarios 75 días, debido a las condiciones que presentan los suelos.

### Conclusiones

1. La utilización de un mulch de fibra de madera con refinación térmica representa una mayor retención de humedad de 13.5 veces su peso en agua, lo cual mejora la germinación de la semilla en un talud de corte o relleno, además retiene nutrientes esenciales para la planta que son aplicados durante la primera fase de la plantación, mejorando las condiciones para establecer vegetación en suelos adversos.
2. Las gramíneas o poáceas tienen una buena adaptación a las condiciones adversas que presentan los taludes de corte y relleno, su sistema radicular fibroso permite o ejerce una acción mecánica en el suelo, el follaje denso en la parte superior amortigua el impacto de la gota de lluvia mientras reduce la velocidad del flujo superficial del agua, controlando la erosión y el arrastre de sedimentos.
3. El tiempo que toma a la vegetación controlar la erosión de los suelos oscila entre los 35 días para taludes de relleno con una pendiente suave o menor a los 60° y un suelo con mayor aereación; mientras que en taludes de corte, donde la inclinación excede los 60°, el suelo está más compactado y se reduce la filtración, por tal motivo el establecimiento de la vegetación incrementa a unos 75 días en promedio.

### Recomendaciones

1. Utilizar técnicas preventivas para el control de erosión en taludes de corte o relleno para cualquier tipo de obra civil que se lleve a cabo, ya que la exposición a riesgo puede disminuirse con aplicar preventivamente hidrosiembra sobre un talud.
2. Tomar en cuenta la nutrición vegetal que debe llevar la planta, debido a las condiciones que presentan los suelos productos de actividades civiles, donde se remueve la capa vegetal (top

soil) y se deja el suelo sin materia orgánica y con deficiencias nutricionales para la planta.

3. Considerar el adecuado riego durante los primeros días de la aplicación, ya que la semilla ha activado su metabolismo con agua y para llevar a cabo la emergencia radicular es necesario mantener la humedad lo más constante posible sobre el talud.

### Referencias bibliográficas

- Almorox, A. J. (2010). La degradación de los suelos por erosión hídrica: métodos de estimación. Murcia, Universidad de Murcia. 384 p.
- Estalrich, E., Hernandez, A.J., Aranbda, L., Y Pastor, J., 1997. Estudio de factores edáficos relacionados con la erosión escorrentía en taludes de fuerte pendiente; ensayos de revegetación. *Edafología*, 2: 161-167.
- Morgan, R.C.P. (1997). Erosión y conservación del suelo. Madrid. Mundi-empresa.
- Núñez, J. (2001). Manejo y conservación de suelos. San José, Costa Rica, EUNED. 267 p.

### Información del autor

Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, Mario Alberto Fong García, graduado en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2010.

Maestro en Energía y Ambiente de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2016.



# INFRAESTRUCTURA

---

INGENIERÍA GEOTÉCNICA ■ ESTRUCTURAS ■ INGENIERÍA VIAL





---

## ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES ESPESORES DE LOSA DE PAVIMENTO PARA LA RUTA NACIONAL 7E TRAMO I, SAN JULIÁN – TAMAHÚ

---

**Luis Alfredo Ochoa Marroquín**

Mtro. en Ingeniería Vial  
luis8am171258@gmail.com

**Armando Fuentes Roca**

Asesor  
Mtro. en Administración de Proyectos  
afroca2000@hotmail.com

### Resumen

Este trabajo es producto del análisis comparativo de diferentes espesores de pavimento rígido que se realiza entre el espesor propuesto en el estudio de Diseño del Proyecto Ruta Nacional 7E, tramo I, y está propuesto dentro del contrato original en la construcción y pavimentación del subtramo de 12.20 kilómetros localizados entre el paraje San Julián, municipio de Tactic, y el municipio de Tamahú, Alta Verapaz. Se propone un espesor de 0.17 metros, pero fue ejecutado el de 0.16 metros. Al aplicar la metodología AASHTO 93, los resultados obtenidos corresponden a los siguientes espesores: 0.14, 0.15, 0.16, 0.17 y 0.1765 metros. Con la ayuda del software Winpas para pavimentos rígidos de carreteras, pudo demostrarse que la vida útil de la losa de concreto hidráulico, siempre depende de su espesor. Al revisarse el módulo de reacción K de la subrasante, ésta depende directamente del CBR de diseño, para este caso se obtiene de los ensayos hechos a los diferentes materiales obtenidos de las calicatas o pozos a cielo abierto hechos a la subrasante existente.

### Palabras clave

Pavimento de concreto hidráulico, AASHTO 93, software Winpas, geometría del tamaño de las losas, alabeo.

### Abstract

*This work is a comparative analysis of different thicknesses of rigid paving between the thickness proposed in the study of Design of the Project National Route 7E Stretch I and San Julián and the original contract in the construction and paving of the substretch of 12.20 kilometers located between the local government of Tactic, and the local government of Tamahú, Alta Verapaz. The design proposes 0.17 meters thickness of rigid pavement but it was built with 0.16 meters. The results obtained by applying the AASHTO 93 methodology are 0.14 meters, 0.15 meters, 0.16 meters, 0.17 meters and 0.1765 meters. The software Winpas for rigid highways pavings was used to demonstrate that the useful life of the flagstone of concrete hydraulic is in accordance with its thickness. When the reaction module K of the subgrade is reviewed, it depends directly on the design CBR that in this case was obtained from the tests made to the different materials obtained from the pits or open pit made to the existing subgrade and that when plotting.*

### Keywords

*Concrete hydraulic paving, AASHTO 93, software Winpas.*

## Introducción

En Guatemala se ha iniciado con ímpetu la utilización del concreto hidráulico en la pavimentación de carreteras, en lugar de mezclas asfálticas como superficies de rodadura. Como es normal, en todo lo nuevo que se emprende es necesario hacer análisis comparativos de la vida útil del nuevo pavimento, principal impulsor para realizar este trabajo de investigación.

El trabajo consiste en realizar un análisis comparativo de diferentes espesores de losa de pavimento rígido diseñados con la metodología AASHTO '93, con la ayuda del software Winpas de pavimentos rígidos, para determinar la vida útil de las losas de acuerdo con diferentes espesores.

## Desarrollo del estudio

Tomando en consideración lo descrito anteriormente, se realiza una campaña geotécnica, con el fin de conocer la capacidad de soporte de los suelos encontrados en la subrasante y así obtener el CBR de diseño, para esto se realizan calicatas o pozos a cielo abierto, a profundidades que oscilaron entre los 0.80 hasta 1.10 metros, con área aproximada de un metro cuadrado. Se toman muestras representativas de los distintos tipos de suelos debidamente identificadas por clasificación visual del material y localización por estacionamiento sobre la línea del trazo del proyecto.

Las calicatas se realizan inicialmente a cada 250 metros de distancia una de otra; sin embargo, debido a la similitud en características en muestreos consecutivos, se decide realizarlas en puntos intermedios, en donde se determina que los suelos sufren una variación considerable en sus características.

## Resultados obtenidos

Para obtener el CBR de diseño de la subrasante, se realizan corridas en la prensa de CBR, con anillos de 2 000 y 6 000 libras; el resultado que se toma como referencia es el que alcanza el 95 % de compactación en los materiales analizados.

Con este aporte, se creó una tabla de valores de CBR ascendente obteniéndose el porcentaje de cada material, determinándose con esto, el porcentaje de cada uno, lo cual sirvió para plotear en papel logarítmico una gráfica en donde el eje de las X representa valores de CBR en orden ascendente y el eje de la Y a los porcentajes de CBR; se determina un percentil igual a 85, el cual corresponde al 10 %; este se toma como el CBR de diseño, como se puede ver en la figura 1.

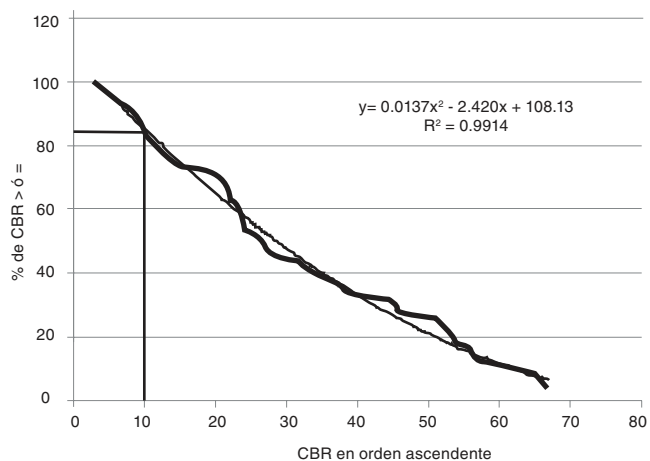


Figura 1. CBR al percentil 85 = 10 % = CBR de diseño.

Para obtener el TPDA y el cálculo de crecimiento vehicular ESAL, se utiliza la clasificación del Departamento de Ingeniería de Tránsito de la Dirección General de Caminos, la cual clasifica siete tipos de vehículos, distinguiendo los livianos de los pesados.

Debido a la importancia de la ruta en el cálculo de ejes equivalentes, por criterio se utilizó el 5 % de crecimiento vehicular anual, obteniéndose para 20 años un ESAL total de 2, 863,341.

El diseño de la capa subrasante considera un suelo arcillo-arenoso, el cual es tratado con hidróxido de calcio al 3 % en peso del suelo, agregando un 40 % de material granular por cada metro cúbico de subrasante, para que a siete días alcance una resistencia a compresión de 2.4 Mega pascales (Mpa.), el cual es el valor requerido en el diseño.

El diseño de pavimento de concreto se analiza utilizando la metodología de AASHTO '93, tomando en consideración el ESAL total obtenido de los afo-

ros vehiculares, y el CBR obtenido en los ensayos, por lo tanto, el pavimento tiene un espesor de 0.16 metros en toda la sección de la vía; el tamaño considerado de losas es de 3.60 por 3.60 metros, con sobreebanco, debiendo cumplir con una resistencia a la flexión de 45 kg/cm<sup>2</sup> y a compresión de 240 kg/cm<sup>2</sup>, con 85 % de nivel de confianza a 28 días.

Se efectúan cortes de losa, sin dovelas ni barras de amarre, de 1.80 metros en sentido longitudinal y 1.80 metros en sentido transversal. Todos los cortes se realizan antes de la segunda noche, después de haber colocado el concreto, y se obvia el sello de juntas.

Para el control de calidad se realizan ensayos de vigas y cilindros; 1 viga y 1 cilindro a los 3 días; 2 cilindros y 2 vigas a los 7 días; 2 cilindros y 2 vigas a los 28 días y de un cilindro y 1 viga a los 90 días.

En el momento de colocar el concreto hidráulico en pista, se mide el revenimiento, el cual por ser colocado con regla vibratoria se acepta de 4 a 5 pulgadas y la temperatura, se mide al salir de la planta de producción y antes de colocarse debe estar entre 20 °C ±10 °C, a más de 32 °C no es permitido colocarse. La apertura al tráfico se hace al alcanzar el concreto hidráulico una resistencia a la flexotracción de 30 kg/cm<sup>2</sup>.

**Discusión de resultados**

Con la ayuda del software Winpas se obtuvo diferente ESAL de diseño al ir variando los valores de espesor de losa.

A partir de ello, el programa plotea una gráfica en la que, en el eje de las X coloca el ESAL y la vida útil en años, y en el eje de las Y los espesores, la cual da como resultado una gráfica del ESAL soportado con base en la variación del espesor de losa  $Y = 4.1288 \ln(X) - 43.727$ , por lo tanto al dibujar esta curva se obtiene la vida útil en años, al intersectar el eje Y con el eje X, tal como se observa en la figura 2.

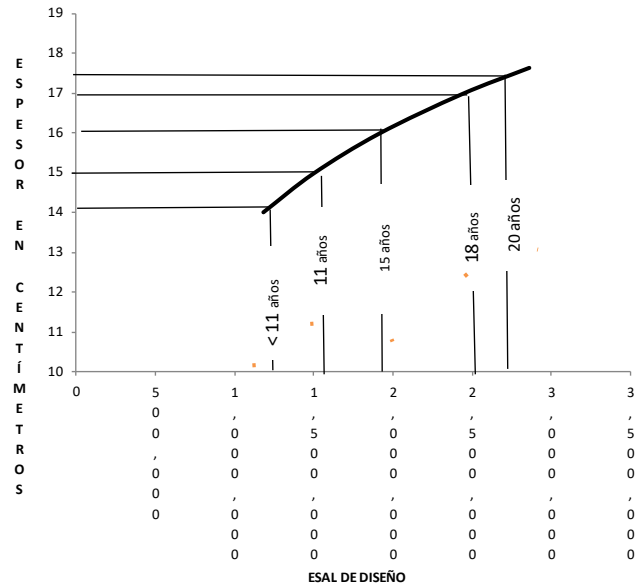


Figura 1.  $Y = 4.1288 \ln(X) - 43.727$ ;  $R^2 = 1$   
Variación del ESAL soportado en base a la variación del espesor de losa.

**Conclusiones**

1. Es de mucha utilidad hacer el análisis comparativo de los diferentes espesores de losa con métodos AASHTO '93 y el software Winpas, para obtener datos de vida útil de los pavimentos, ya que los resultados obtenidos son confiables por ser AASHTO una agencia reconocida internacionalmente en el diseño de pavimentos.
2. La vida útil de un pavimento rígido depende del espesor de losa, el cual se establece en función del módulo de reacción K de la subrasante, que es también una función del módulo resiliente de la misma, y el ESAL de diseño, el cual depende de la variación del espesor de losa.
3. Al verificar la veracidad y confiabilidad de los resultados obtenidos, se determina que el percentil 85 = 10 % de CBR obtenido es el conveniente para diseñar.
4. La correlación de la variación de diferentes ESAL de diseño soportados con base en las variaciones de diferentes espesores de losa, es confiable, por tener un  $(R^2 = 1)$ . Se comprueba que al disminuirle un centímetro al espesor de losa del diseño original se pierden cinco años

de vida útil, el cual refleja un 25 % de pérdida en la vida útil del pavimento.

5. Puede hacerse una contrapropuesta del espesor de losa que falta por construir, (aproximadamente 6 kilómetros), para evitar pérdidas en la vida útil del pavimento de concreto hidráulico y mantenimientos prematuros que perjudican a las comunidades asentadas a lo largo del proyecto, al tránsito usuario y a la economía del país.

### Recomendaciones

1. Utilizar métodos confiables en el diseño de estructuras de pavimentos rígidos, tales como AASHTO '93, por ser mecanicistas, e incorporar la geometría del tamaño de las losas y el alabeo de las mismas, como factores importantes en el comportamiento de este tipo de pavimentos.
2. La metodología planteada en este trabajo es técnicamente confiable, porque utiliza un CBR adecuado para el diseño de subrasante del proyecto, el ESAL calculado para el proyecto y el método matemático y factores de diseño que son recomendados por la metodología AASHTO '93 para diseño de pavimentos.
3. Respetar los diseños originales, debido a que estos están basados en un estudio preliminar, con el fin de alcanzar los mejores resultados, para beneficiar a la población, al tránsito usuario y principalmente a la economía del país.
4. Para obtener buenos resultados cuando se construya una estructura que deba soportar un pavimento de concreto hidráulico, es fundamental que el aspecto geotécnico se fundamente en el cálculo del espesor de losa en función del módulo de reacción K del material de subrasante, el cual depende del CBR de diseño, espesor y módulo de resiliencia del material de base, profundidad de la fundación del pavimento rígido, la pérdida de soporte y el ESAL de diseño.

### Referencias bibliográficas

- Dirección General de Caminos. (2001). Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes. Guatemala: Dirección General de Caminos e Ingenieros Consultores de Centro América, S. A.
- Guía AASHTO: Diseño de estructuras de pavimentos, 1993. [en línea]. Disponible en: <[http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_102\\_181\\_62\\_936.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_102_181_62_936.pdf)>. [Consulta: marzo de 2016].
- Instituto Mexicano del cemento y del concreto AC. (2009). Pavimentos de concreto hidráulico. México: IMCC.
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2011). Manual de normas para el diseño geométrico de carreteras, con enfoque de gestión de riesgo y de seguridad. Guatemala: SIECA.

### Información del autor

- Ingeniero Civil, Luis Alfredo Ochoa Marroquín, graduado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 1991.
- Posgrado en Volcanology and Volcanic Sabo Engineering, Laboratory of Erosion Control, Faculty of Agriculture, Kyoto University, Japan. 1992.
- Maestro en Artes en Ingeniería Vial de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2016.

---

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y GEOLÓGICA DE LA ROCA PARA CIMENTACIÓN  
DEL NUEVO PUENTE “LOS ESCLAVOS”, KILÓMETRO 66+400 CARRETERA CA-01  
ORIENTE, MUNICIPIO DE CUILAPA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA**

---

**Lisza María Acevedo Castañeda**

Mtra. en Ingeniería Geotécnica  
lizamaria@gmail.com

**Julio Roberto Luna Aroche**

Mtro. en Ciencias con Especialidad en Geología  
jlunaaroche@yahoo.com

**Resumen**

Desde el año 1958, sobre el río Los Esclavos, existe un puente que lleva el mismo nombre, se encuentra ubicado en el km 66+400 de la carretera CA-01 Oriente, municipio de Cuilapa, departamento de Santa Rosa. Este puente ha cumplido con el objetivo de su diseño, sin embargo, debido al crecimiento poblacional y actividad económica, se tiene la necesidad de ampliar la carretera CA-01 Oriente, agregando dos carriles.

Se necesita construir un nuevo puente sobre el río Los Esclavos. Por ser un río con gran caudal, el diseño de la estructura debe ser similar a la que existe actualmente o mejor.

Para realizar la caracterización física y geológica de la roca, se obtuvieron cuatro muestras, dos del estribo de entrada y dos del estribo de salida, fueron enviadas al laboratorio y al ser ensayadas, se obtuvo como resultado que la roca es de origen ígneo, clasificada como una andesita, con una capacidad adecuada para soportar las cargas que le transmitirá el nuevo puente.

**Palabras clave**

Andesita, caracterización, cimentación, puente, roca.

**Abstract**

*Since 1958, on the Los Esclavos river exists a bridge located at km 66 + 400 of the road CA-01 Oriente, municipality of Cuilapa, department of Santa Rosa. This bridge has fulfilled the objective for which it was designed, however, due to population growth and economic activity, there is a need to expand the CA-01 Oriente highway, adding two lanes.*

*It is necessary to build a new bridge over the river Los Esclavos. Because it is a river with great flow.*

*To realize the physical and geological characterization of the rock, four samples were obtained, two of the incoming stirrup and two of the stirrup of exit, were sent to the laboratory and when it was tested, the result was that the rock is of igneous, classified origin as an andesite, with an adequate capacity to withstand the loads that will be transmitted by the new bridge.*

**Keywords**

*Andesite, characterization, bridge.*

## Desarrollo del estudio

Para llevar a cabo el estudio del tema, se realiza investigación teórica, así como de campo.

La caracterización física y geológica de la roca para cimentación del nuevo puente Los Esclavos se logra a través de la realización de ensayos de campo en el manto rocoso propuesto para cimentar el puente, se llevan a cabo cuatro perforaciones, dos en el estribo de entrada del puente, y dos en el estribo de salida. Se obtienen las muestras de las perforaciones con máquina rotativa, se envían al laboratorio y se obtienen los resultados de la roca, los cuales sirven para caracterizar inicialmente las propiedades físicas y mecánicas de la misma.

Para profundizar en la caracterización de la roca, se envía una muestra de ésta al laboratorio del Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CES-EM), en donde se realiza el análisis macroscópico. También se envía una muestra de roca al Centro Tecnológico (CETEC) de la empresa Cementos Progreso, S.A., para conocer sus características geoquímicas mediante el análisis de difracción de rayos X y fluorescencia de rayos X.

También se hizo una visita de campo para realizar mediciones al macizo rocoso y observar su estado actual.

Luego de analizar los resultados de los estudios realizados a la roca de cimentación, se puede concluir en qué tipo de roca se debe cimentar, y debido a sus características, se realiza una propuesta de cimentación.

## Resultados obtenidos

Al llevar a cabo las perforaciones, se puede observar un mismo tipo de material de color gris, el cual por observación se determina que es una roca volcánica. No se encuentra nivel freático. Es de resaltar que en las cuatro perforaciones, el manto rocoso se encuentra a una profundidad de 0.50 metros.

En las muestras del estribo de entrada, el tamaño de la roca varía entre un (1.00) metro cúbico o

más, lo que significa que se encuentra en forma de bloques grandes. La resistencia a la compresión es de veintiún mil (21,000.00) libras por pulgada cuadrada (psi) o ciento cuarenta y cuatro (144.00) mega pascales (MPa), lo cual significa que es una roca muy dura. La densidad seca de la roca es de dos mil quinientos treinta (2,530.00) kilogramos por metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>). El índice RMR da como resultado sesenta (60), lo cual significa que es una roca regular.

En las muestras del estribo de salida, el tamaño de la roca varía entre un (1.00) metro cúbico o más, lo que significa que se encuentra en forma de bloques grandes. La resistencia a la compresión es de doce mil setecientos (12,700.00) libras por pulgada cuadrada (psi) u ochenta y siete punto cincuenta (87.50) mega pascales (MPa), lo cual significa que es una roca dura. La densidad seca de la roca es de dos mil quinientos sesenta (2,560.00) kilogramos por metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>). El índice RMR da como resultado sesenta (65), lo cual significa que es una roca buena.

A la muestra enviada al laboratorio de Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM), se le realiza un estudio de caracterización petrográfica macroscópica. A través de este estudio, es posible conocer más a fondo las características de la roca, lo cual no es posible conocer a simple vista.

De los resultados obtenidos en el estudio macroscópico de la roca, se puede concluir que ésta se clasifica como una andesita.

La muestra de roca también se envía al Centro Tecnológico (CETEC) de la empresa Cementos Progreso, S.A. Como resultado de los análisis, se puede observar que la roca es una andesita, lo cual concuerda con el resultado mostrado en el análisis realizado a la roca por el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM).

## Discusión de resultados

Luego de llevar a cabo todos los análisis a las muestras de roca, se puede indicar que la roca que se destina para la cimentación del nuevo puente “Los

Esclavos”, es una roca sana, con la capacidad para soportar las cargas que le transmitirá el puente, tanto por el peso del mismo, así como el de los vehículos que transitarán en él.

La roca es de origen ígneo, siendo esta una roca clasificada como andesita. El Instituto Tecnológico Geominero de España (1994) muestra que la andesita es una roca ígnea extrusiva.

Según los resultados obtenidos del estudio de suelos y cimentaciones de la roca para cimentación, se puede proponer cimentar el nuevo puente a un mínimo de cinco (5.00) metros de la orilla y de un (1.00) metro a uno punto cincuenta (1.50) metros de profundidad dentro de la roca. Para que el puente posea el soporte adecuado, a partir de dicha cota es recomendable construir anclajes de dos (2.00) metros de longitud como mínimo.

Esta propuesta resulta luego de analizar los resultados obtenidos de los ensayos realizados al macizo rocoso. Se recomienda que sea a cinco (5.00) metros de la orilla, ya que a esta distancia el macizo rocoso posee mejores características, siendo el mismo más sano.

Se propone que sea a un metro de profundidad, para no causar daños al macizo rocoso al momento de realizar la perforación de un metro para construir la cimentación. Debido al proceso constructivo, si la profundidad fuera mayor, se corre el riesgo de causar mayor fracturamiento al macizo rocoso.

Se recomienda colocar anclajes de por lo menos dos (2.00) metros, para que haya una mejor transmisión de cargas del puente hacia el macizo rocoso.

### Conclusiones

1. Al caracterizar física y geológicamente la roca para cimentación del nuevo puente “Los Esclavos”, inicialmente se clasifica visualmente como una roca volcánica. Luego, al realizar la caracterización petrográfica macroscópica en el CESEM los análisis de caracterización geoquímica mediante difracción de rayos X y fluorescencia de rayos X en el CETEC coinciden en que la roca es una andesita, confirmando que

es una roca de origen volcánico.

2. Por sus características, se puede clasificar como una roca sana, con propiedades físicas, mecánicas y geológicas, aptas para soportar las cargas que le transmitirá el puente, debido al tránsito vehicular y por su propio peso.
3. El grado de meteorización de la roca varía de uno (I) a dos (II), esto significa que se trata de una roca sana a ligeramente meteorizada. El espesor del suelo (capa vegetal) es de 0.50 m en el inicio de la perforación.
4. Debido a las características de la roca, se puede cimentar el nuevo puente construyendo zapatas superficialmente sobre la roca, sin dañar la estructura de la misma, así como colocar barras de acero que salgan de la zapata y sean ancladas a la roca, para poder transmitir las cargas del puente.
5. La capacidad de resistencia a la compresión en las muestras del estribo de entrada es de 21,000.00 PSI, y en el estribo de salida de 12,700.00 PSI. Estos valores indican que la roca es apta para poder cimentar un puente similar.
6. La parte más profunda de las muestras obtenidas de las perforaciones del macizo rocoso posee grietas, producida por la alta permeabilidad, que puede afectar su capacidad para soportar las cargas transmitidas por el puente.
7. Las familias de fracturas son principalmente discontinuidades formadas por enfriamiento de la colada de andesita, tanto en el plano vertical como en subhorizontal.

### Recomendaciones

1. Mejorar las características del macizo, a través de la inyección de concreto para sellar las fisuras existentes, así como la construcción de anclajes con barras de acero para amarrar la roca entre sí y con el macizo rocoso.
2. Se debe ser cuidadoso al construir la cimentación del nuevo puente, ya que debido a que se construirá como ampliación a la carretera CA-



- 01 Oriente, si se llega a dañar el macizo rocoso por una mala técnica constructiva, se pondría en riesgo la cimentación del puente existente.
3. Inspeccionar los sitios en donde se efectuaron las perforaciones, para verificar que no han sufrido cambios de estratigrafía con referencia al material analizado.
  4. La estructura del nuevo puente, se recomienda que sea similar al puente existente, debido a que es una estructura eficiente y adecuada para las características del macizo rocoso.
  5. Al construir la cimentación del nuevo puente, debe retirarse la parte superficial meteorizada de la roca, para mejorar la capacidad de transmisión de cargas de la estructura del puente hacia la roca.

### **Referencias bibliográficas**

- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México: Limusa.
- Instituto Tecnológico Geominero de España. (1994). *Manual de perforación y voladura de rocas*. Madrid: Izquierdo, S.A.
- Peck, R., Hanson, W., & Thornburn, T. (2004). *Ingeniería de cimentaciones*. México: Limusa.

### **Información del autor**

Ingeniera Civil e Ingeniera Industrial, Liza María Acevedo Castañeda, graduada en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2012.

Maestra en Ciencias en Ingeniería Geotécnica, graduada de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería (USAC), 2016.

---

## ACTUALIZACIÓN DEL REGLAMENTO DE PESOS Y DIMENSIONES DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES Y SUS COMBINACIONES (ACUERDO GUBERNATIVO 1084-92)

---

**Marco Tulio Salguero Hernández**

Mtro. en Ingeniería Vial  
mtsalgue@gmail.com

**Armando Fuentes Roca**

Asesor  
Mtro. en Administración de Proyectos  
a.fuentes.roca@gmail.com

### Resumen

El estudio consiste en la investigación y análisis para elaborar una propuesta técnica y legal, para la transitabilidad y locomoción del transporte de carga en general y carga especializada, al hacer uso de la red vial de Guatemala.

Se analiza de forma pormenorizada el contenido de dicho reglamento y se actualiza y adiciona artículos complementarios para que su aplicación sea funcional y apegada a la realidad del transporte de carga de Guatemala como en la locomoción del transporte de los países de la región centroamericana al internarse en el territorio nacional, sin dejar de atender la infraestructura vial del país para su preservación.

Dentro de su contenido se abordan términos técnicos a efecto de aplicarlos en el control y locomoción de unidades vehiculares de cargas por carreteras, obteniendo como resultado una propuesta final de actualización y emisión de un nuevo Acuerdo Gubernativo cuyo objetivo principal es la preservación de infraestructura vial del país y seguridad vial para todos los usuarios.

### Palabras clave

Reglamento para el control de pesos y dimensiones.

### Abstract

*The study involves research and analysis to develop a proposal for standard technical and legal for walkability and freight locomotion in general and specialized cargo by making use of the road network in Guatemala.*

*The analysis goes in detail of regulation content to add complementary items with which their application is functional and closer to reality freight of Guatemala as transport of countries that goes into Central America in the territory national, without neglecting the country's road infrastructure for preservation.*

*Within its content technical terms are described to functional application in control and locomotion vehicle units of cargo by road, resulting in a final proposal to update and issuance of a new governmental decree on board whose main objective is the preservation of road infrastructure country and road safety for all users.*

### Keywords

*Regulations for the control of weights and dimensions.*

## Introducción

El estudio tiene como propósito fundamental actualizar de forma pormenorizada el Reglamento para el Control de Pesos y Dimensiones de Vehículos Automotores de Carga y sus Combinaciones, cuya aplicación genere como beneficios los siguientes resultados: minimizar los rubros en el mantenimiento de carreteras, minimizar los gastos de operación en el sector transporte de carga, así mismo que haya una competencia leal en el mismo sector transporte y brindar seguridad vial para todo usuario de la red vial de Guatemala.

El escaso y limitado control de carga que se tiene en las carreteras, evidencian como resultado unidades de transporte de carga que transitan excedidas en pesos o dimensiones.

La proliferación de nuevos tipos de unidades vehiculares de carga que no se contemplan en el Reglamento de pesos y dimensiones y el incremento del transporte de carga tipo especializado cuya regulación no lo especifica de forma pormenorizada dicho Reglamento, generan lagunas en su interpretación, es por ello la importancia de realizar las actualizaciones y modificaciones al Reglamento de pesos y dimensiones de forma específica para que éste sea funcional, proponiendo con ello una normativa que se apegue a la realidad guatemalteca.

## Desarrollo del estudio

Se tuvo acceso a las memorias de labores de la sección para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores de la Dirección General de Caminos (Período 1972-2015), así como los procedimientos de gestión que se realizan en esta institución para la locomoción del transporte de carga especializada, que hacen uso de la red vial del país.

Se amplían los conceptos sobre la tipología vehicular de carga existente, pesos por eje, peso total, dimensionamiento en lo que respecta a carga general y especializada, enfatizando el tema de la seguridad vial cuyo beneficio es para todo usuario de la red vial del país.

Como fuente principal, se analiza la información

técnica generada por la Dirección General de Caminos, delimitando con ello los diferentes tipos de carga y acciones de locomoción que se requiere para la circulación de unidades de carga que conforman el parque vehicular de carga en Guatemala.

## Resultados obtenidos

Se delimita y amplía la tipología vehicular de carga que hace uso de la red vial de Guatemala, determinando a la vez los pesos totales, por el eje y dimensiones permitidas en su locomoción de acuerdo a la flota vehicular de carga existente y diseño geométrico de las carreteras. Se clasifican los diferentes tipos de cargas y tipos de equipos que son utilizados para cargas excepcionales.

Se delimitan puntos estratégicos para la ubicación de básculas fijas, al aplicar las sanciones que delimita el Reglamento de pesos y dimensiones por parte de la Dirección General de Caminos en coordinación de entes de autoridad (PROVIAL-PNC-PMT).

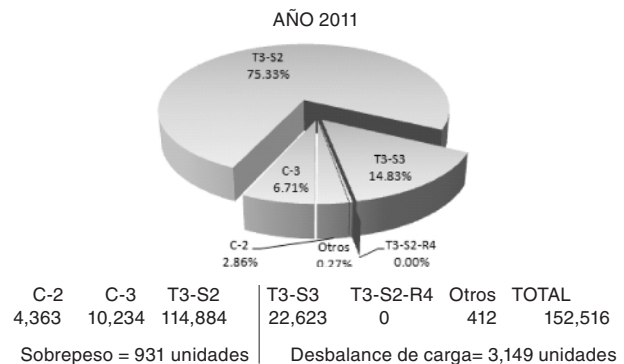


Figura 1. Flujo vehicular de carga: Puerto Barrios.

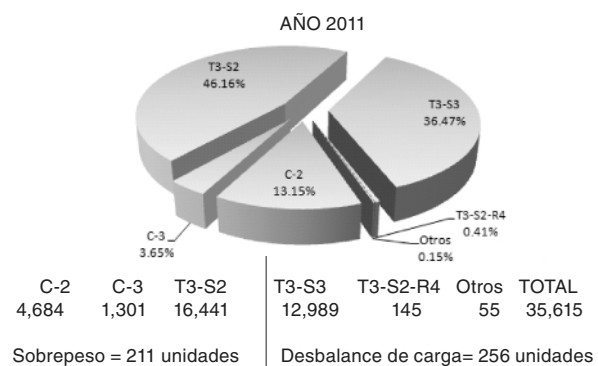


Figura 2. Flujo vehicular de carga: Escuintla.

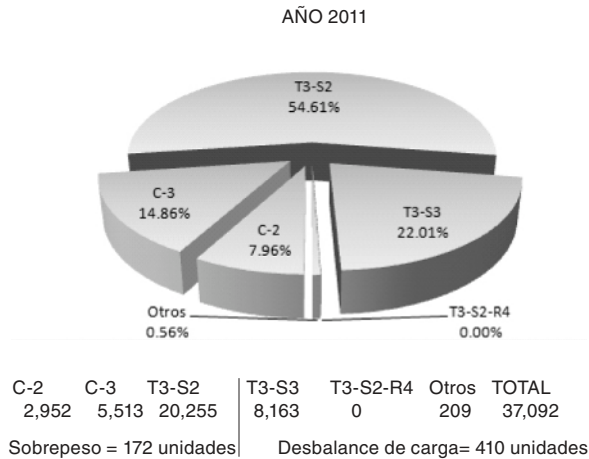


Figura 3. Flujo vehicular de carga: Puerto Quetzal.

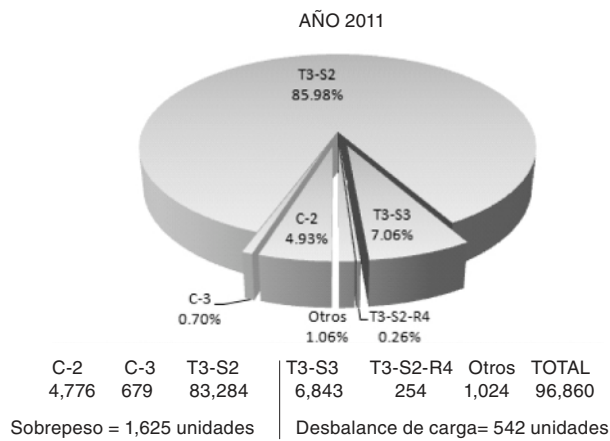


Figura 4. Flujo vehicular de carga: Tecún Humán.

Según la información mostrada en las figuras anteriores predominan en su locomoción los vehículos articulados del tipo T3-S2 y T3-S3, seguidos de los camiones tipo C2 y C3; posteriormente combinaciones vehiculares tipo T3-S2-R4, como otras unidades de carga que es necesario delimitar y clasificar su tipología al hacer uso de la red vial, ya que en el año 2011 circulan en menor escala unidades con sobrepeso y/o desbalance de carga.

En la propuesta de actualización del Reglamento de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones (Acuerdo Gubernativo 1084-92), se adicionan cuatro (4) considerandos en su parte introductoria, se agregan cuarenta (40)

términos técnicos en lo referente al transporte de carga, se añaden veinte (20) nuevos tipos de unidades vehiculares de carga y sus diferentes combinaciones, se realiza un ordenamiento de cada uno de los artículos contenidos en el Reglamento de pesos y dimensiones AG 1084-82, generando con ello nuevos Artículos y sesenta y siete (67) nuevas literales y/o sub Artículos, optimizando con ello su funcionalidad.

### Discusión de resultados

Dentro del marco de resultados se llega a conocer el flujo y comportamiento vehicular de carga que hace uso de la red vial del país (pavimento y puentes), con lo cual se debe atender de forma paralela la seguridad vial en los diferentes tramos viales. Con base en la información técnica y los datos estadísticos suministrados por la DGC, se crean los parámetros técnicos de circulación para el transporte de carga, generando con ello modificaciones y actualizaciones al Reglamento para el control de pesos y dimensiones.

Entre los aportes y beneficios esperados están: minimizar los rubros en el mantenimiento de carreteras, minimizar los gastos de operación en el sector transporte de carga y brindar seguridad vial para todo los que hacen uso de la red vial de Guatemala.

### Conclusiones

1. Guatemala, en el año 2016 tiene limitaciones para efectuar un óptimo control de pesos y dimensiones en unidades o combinaciones vehiculares de carga pesada al hacer éstas uso de la red vial del país, ya que es necesario ampliar la cobertura de básculas fijas en los diferentes tramos viales del país.
2. Es necesario fortalecer los entes designados para la aplicación del Reglamento de pesos y dimensiones, como la Dirección General de Caminos -DGC- y Dirección General de Protección y Seguridad Vial -PROVIAL-, pertenecientes al Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda -CIV-.

3. Las carreteras en Guatemala, en su mayoría están constituidas por una pavimentación flexible, este tipo de pavimento son estructuras que admiten excesos de carga permisibles, siempre y cuando sucedan ocasionalmente, ya que se diseña para una relación carga por eje versus intensidad de tránsito, la frecuente locomoción de vehículos automotores de carga con sobrecarga o desbalance de carga, son factores que influyen en el deterioro del pavimento.
4. Cuando se realice un óptimo control de pesos y dimensiones en las carreteras del país y se tenga una óptima aplicación del Reglamento de pesos y dimensiones, se espera obtener beneficios como: disminuir el rubro de mantenimiento de los diferentes tramos viales, reducir el índice de accidentabilidad ocasionado por el transporte de carga pesada, así como disminuir los gastos de operación que se invierten en las flotas del transporte de carga.

### Recomendaciones

1. Actualizar el Reglamento de pesos y dimensiones de forma periódica, cada 3 años.
2. Por parte de la Dirección General de Caminos, se debe ampliar la cobertura de los controles de pesaje a nivel nacional, haciendo uso de básculas fijas y basculas móviles, posterior a ello sería conveniente aplicar multas de tipo económico para que el programa de pesos y dimensiones sea autofinanciable.
3. Que el Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda fortalezca los entes estatales para que de forma conjunta con la presencia de entes de autoridad, se coordine y optimicen los controles de carga en carretera, en el marco de la preservación y seguridad vial.
5. Que la Dirección General de Caminos difunda el contenido del Reglamento de pesos y dimensiones por diversos medios, para el uso correcto de las carreteras y su preservación.

### Referencias bibliográficas

- Acuerdo Centroamericano sobre circulación por carreteras, en materia de Pesos y Dimensiones de Vehículos de Carga, (2014), Secretaría de Integración Económica Centroamericana, Guatemala.
- Memorias de labores, (1972-2015), Departamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores, Dirección General de Caminos, Guatemala.
- Reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones, (1992), Acuerdo Gubernativo Nro. 1084-92, Guatemala.

### Información del autor

Ingeniero Civil, graduado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2003.

Maestro en Artes en Ingeniería Vial, Escuela de Estudios de Postgrado de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2016.



# TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN ■ GEOMÁTICA



---

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ARQUITECTURA ESCALABLE BASADA EN MICROSERVICIOS PARA UN SISTEMA DE GESTIÓN DE APRENDIZAJE

---

**José Manuel De Paz Estrada**

Mtro. en Tecnologías  
de la Información y la Comunicación  
josedepaz9@gmail.com

**María Elizabeth Aldana Díaz**

Asesora  
Mtra. en Ingeniería Informática, IPTV,  
IPTV Móvil, Redes de Entrega de Conte-  
nido (REC) y Sistemas Distribuidos  
maria.aldana.usac@gmail.com

### Resumen

El paradigma de arquitectura monolítica utilizado por los principales sistemas de gestión de aprendizaje como Moodle y Blackboard, ha provocado que sus servicios tengan problemas de escalabilidad y disponibilidad durante fallos o nuevos despliegues por actualización.

Por otro lado, tomando en cuenta como antecedentes el éxito de las arquitecturas propuestas por empresas como Netflix y Amazon, se desarrolla un prototipo de sistema de gestión de aprendizaje sobre una arquitectura basada en microservicios que provee escalabilidad y resiliencia.

Para ello se hace uso de los diferentes patrones que componen este paradigma arquitectónico, como lo son: el patrón de instancia por contenedor de software utilizando Docker, el registro de servicios utilizando Consul y Registrator, los servicios REST para la comunicación interna entre servicios utilizando JSON, permite el uso de tecnologías heterogéneas y un API Gateway desarrollado en Node.js con la librería Hapi.js, que provee el manejo y acceso a los servicios internos por parte de clientes externos, exponiéndolos en forma de un proxy.

### Palabras clave

Arquitectura, Software, Microservicio, LMS, Escalabilidad

### Abstract

*The paradigm of monolithic architecture used by leading learning management systems such as Moodle and Blackboard has caused problems of scalability and availability to its services during failures.*

*On the other hand, taking into account the success of architectures proposed by companies like Netflix and Amazon, the present work was developed a prototype of a learning management system on a microservices architecture that provides scalability and resilience.*

*For this purpose we developed the instance by software container pattern using Docker, services registry using Consul and Registrator, REST services for internal communication between services using JSON and an API Gateway developed in Nodejs with Hapi.js library.*

*To verify system performance, the testing was performed by request load simulations with Apache JMeter, resulting in the complete elimination of downtime of a service during the fault of another.*

### Keywords

*Architecture, Software, Microservice, LMS, Scalability.*



## Introducción

El mundo de la tecnología evoluciona constantemente, debido a las necesidades que surgen día a día, esto ha provocado que vayan apareciendo nuevos retos para las personas relacionadas tanto con la infraestructura tecnológica como con los desarrolladores de nuevo software. Uno de estos retos se ha generado por la cantidad de personas que cada día se unen a la red de información, provocando la necesidad de diseñar nuevas arquitecturas que permitan escalar de forma óptima, y que además permitan realizar cambios muchas veces drásticos asegurando que el o los sistemas implementados en ellas no queden fuera de línea, o si en caso se queden inactivos, que sea la menor cantidad de tiempo posible.

El área académica es una de las que más se han visto beneficiadas con la llegada de nuevos sistemas de información y desde 1993, con Blackboard implementando el primer sistema de aprendizaje en línea, hasta el año 2012 en que se popularizaron los MOOC (cursos en línea masivos y abiertos) han aparecido muchos otros sistemas como Moodle o Doceos, pero manteniendo la misma filosofía de ese primer sistema de 1993, sistemas limitados muy parecidos a los foros en línea, que permiten ver anuncios de los cursos y descargar material de los mismos. Estos sistemas tienen limitantes en escalabilidad, resiliencia y uso heterogéneo de tecnologías, ya que fueron implementándose sobre arquitecturas monolíticas. (Subramanian, Zainuddin, Alatawi, Javabdeh, y Hussin, 2014)

Una nueva tendencia para atacar estas limitantes, son las arquitecturas basadas en microservicios. Estas arquitecturas comienzan a definirse y a mostrar sus beneficios por el año 2014, siendo utilizadas y apoyadas por empresas grandes del internet como lo son Amazon, Google, Netflix y muchas otras más. (Richardson, 2014)

El presente estudio diseña a una arquitectura basada en microservicios que proporciona alta disponibilidad, escalabilidad y facilidad de despliegue en un entorno tecnológico heterogéneo para im-

plementar el prototipo de un sistema de gestión de aprendizaje.

## Desarrollo del estudio

El desarrollo del prototipo de sistema de gestión de aprendizaje sobre una arquitectura basada en microservicios, se puede observar en la Figura 1.

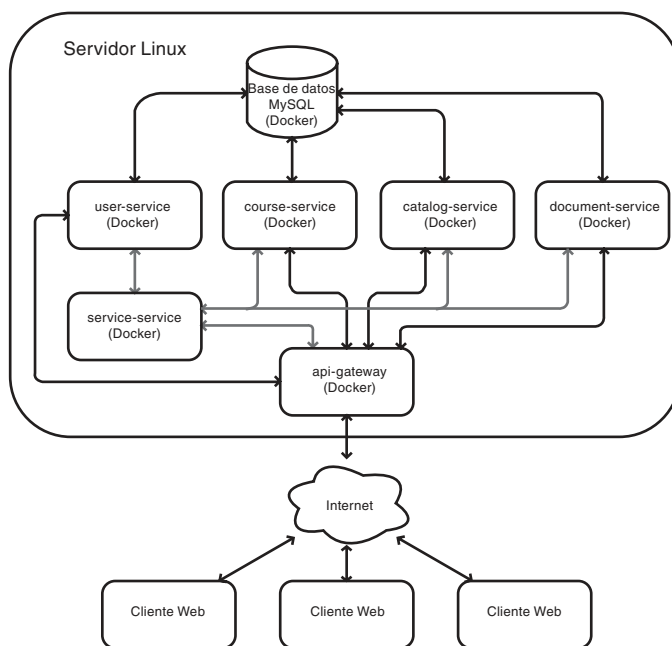


Figura 1. Arquitectura de sistema de gestión de aprendizaje basada en microservicios.

Por otro lado, se utilizan cuatro patrones arquitectónicos importantes, el primero de ellos es la implementación de instancias por contenedor de software, para ellos se utilizó Docker.

Otro patrón utilizado es el registro y descubrimiento de servicios, el cual se realiza de forma automática utilizando Consul y Registrator, esto permite el descubrimiento de servicios por medio de HTTP.

Para la comunicación interna entre los servicios, se utilizan servicios REST, puesto que al utilizar solicitudes JSON, estas son ligeras y gracias a la cantidad de librerías disponibles de JSON para la mayoría de lenguajes de programación, se permite que el sistema sea implementado utilizando tecnologías heterogéneas y además por ser servicios

REST, no se necesita la instalación de nuevos componentes.

Por último, se utiliza el patrón arquitectónico de API Gateway, implementado sobre Node.js, utilizando las librerías Hapi.js y h2o2, se crean servicios REST que pueden ser controlados por medio de proxy y acceder a los servicios internos del sistema. Hapi.js que permite la autenticación y manejo de permisos.

### Resultados obtenidos

Para verificar los resultados de la implementación del sistema de gestión de aprendizaje sobre una arquitectura basada en microservicios, se realiza una comparación con el mismo sistema, pero sobre una arquitectura monolítica. Para ello se realiza una prueba de rendimiento utilizando JMeter, sobre las dos arquitecturas.

La prueba de rendimiento consiste en colocar en funcionamiento los servicios de usuarios y cursos, luego de un intervalo de tiempo se detiene el servicio de cursos, simulando una falla o un despliegue de servicio, y se verifica lo ocurrido con el servicio de usuarios, pues al ser dos servicios distintos, este último no debe presentar ningún cambio en su funcionamiento.

La arquitectura monolítica, como era de esperarse, demuestra un buen redimiendo en cuanto el sistema se pone en ejecución, pero demuestra que cuando se detiene, el servicio de usuarios se ve afectado, incluso se queda inactivo durante el mismo tiempo de inactividad del servicio de cursos. El tiempo de respuesta de las solicitudes al servicio de usuarios, durante la inactividad del servicio de cursos es igual a cero.

Este tiempo de respuesta se puede tomar como bueno, pero cuando se observa la Figura 4, se verifica que el tiempo de respuesta fue igual a cero, porque en realidad no hubo respuesta por parte del servicio de usuario. Este tiempo equivale a un 20 % del tiempo en que fue realizada la prueba.

Por otro lado, cuando se realiza la misma prueba de rendimiento en el sistema sobre una arquitectura

basada en microservicios, el tiempo de respuesta del servicio de usuarios permanece en un promedio de 7.5 milisegundos, y no cambia su comportamiento durante los 4 segundos que se mantuvo inactivo el servicio de cursos.

A continuación, se confirma que el servicio de usuarios retornó el código 200 (éxito) a todas las solicitudes realizadas durante la prueba de rendimiento.

### Discusión de resultados

Con base en las pruebas de rendimiento realizadas, se observa cuál es la diferencia en el comportamiento del prototipo del sistema de gestión de aprendizaje, cuando éste se implementa sobre una arquitectura monolítica y cuando se implementa sobre una arquitectura basada en microservicios.

Para observar estas diferencias de comportamiento, primero se realiza la prueba en el sistema sobre una arquitectura monolítica, y como resultado se observa que existe un intervalo de tiempo, durante el cual la latencia para obtener una respuesta del servicio de usuarios es igual a 0, esto, se debe a los 4 segundos durante los cuales el servicio de cursos no se encuentra disponible, lo cual provoca que todo el sistema de gestión de aprendizaje, se detenga incluyendo al servicio de usuarios.

A diferencia de los resultados mostrados para la arquitectura monolítica, cuando la prueba de rendimiento se realiza sobre la arquitectura basada en microservicios, se observa cómo el servicio se comporta de una forma tolerante a fallos mostrando su capacidad de resiliencia, ya que retornó los datos de forma exitosa a todas las solicitudes realizadas, no importando si otro servicio se encuentra detenido por una actualización o por un fallo en el mismo momento.

### Conclusiones

1. Se implementa el prototipo de un sistema de gestión de aprendizaje sobre una arquitectura basada en microservicios, que permite escalabilidad y una disponibilidad del 100 % durante inactividad o fallos de otros servicios.

2. Se implementa un patrón de instancias de servicio por contenedor utilizando Docker, que permite reducir el tiempo de inactividad de los servicios durante un fallo o nuevo despliegue del 20 % a 0 %, eliminando por completo el tiempo de inactividad.
3. Se implementa un patrón arquitectónico de registro de servicios por medio de Consul y Registrator, que permite dar de alta y de baja de forma automática, a las instancias de los servicios del sistema.
4. Se implementan servicios REST sobre el protocolo HTTP para la comunicación entre los diferentes servicios del sistema, los cuales permiten el uso de diferentes lenguajes de programación y, además, al utilizar JSON se logra que las solicitudes y los retornos de los servicios sean ligeros.
5. Se implementa una puerta de enlace API Gateway utilizando Node.js, Hapi.js y H2O2, para crear un proxy para manejar el acceso a los servicios del sistema por parte de clientes externos, que ahorra recursos por su modelo de no bloqueo de entrada y salida.
4. Analizar herramientas para orquestación de contenedores como Docker Swarm o Kubernetes de Google para automatizar el manejo de los contenedores, cuando se realiza el desarrollo de sistemas muy grandes.

### Referencias bibliográficas

- Raj, P., Chelladhurai, J. S., Singh, V. (2015). *Learning Docker*. Bangalore, India, Birmingham, Reino Unido. Pack Publishing.
- Richardson, C. (2014). *Microservices: Decomposing Applications for Deployability and Scalability*. InfoQ. Recuperado de <http://www.infoq.com/articles/microservices-intro>
- Subramanian, P., Zainuddin, N., Alatawi, S., Javabdeh, T. y Hussin, A. R. C. (2014). *A Study of Comparison between Moodle and Blackboard based on Case Studies for Better LMS*. *Journal Of Information Systems Research And Innovation*. Recuperado de [http://seminar.utmspace.edu.my/jisri/download/F\\_Vol6Feb2014\\_FullPaper/Pub4\\_ComparisonBetweenMoodleAndBlackboard.pdf](http://seminar.utmspace.edu.my/jisri/download/F_Vol6Feb2014_FullPaper/Pub4_ComparisonBetweenMoodleAndBlackboard.pdf)

### Información del Autor

Ingeniero en Ciencias y Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2012.

Maestro en Artes en Tecnologías de la Información y la Comunicación, Escuela de Estudios de Postgrado, Facultad de Ingeniería (USAC), 2016

### Recomendaciones

A futuros investigadores se le sugiere:

1. Realizar previamente al desarrollo, un análisis profundo para determinar si es necesario implementar el sistema sobre una arquitectura basada en microservicios, para sistemas muy pequeños, se puede convertir en algo muy complejo el manejo de la infraestructura.
2. Utilizar Docker Compose para el proceso de creación y ejecución de contenedores Docker cuando no es necesario utilizar un orquestador de contenedores.
3. Utilizar herramientas para el monitoreo de espacio en disco, uso de CPU y de memoria RAM de los contenedores, para determinar el límite que se le debe configurar a cada uno de ellos.

---

## ALGORITMOS GENÉTICOS APLICADOS AL TRÁFICO VEHICULAR DE LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA PARA BÚSQUEDA DE RUTAS ALTERNAS EFICIENTES QUE APOYEN EL REORDENAMIENTO VIAL

---

**Christoper Emanuel Santisteban González**

Mtro. en Tecnologías de la Información  
y la Comunicación  
ces2601@gmail.com

**María Elizabeth Aldana Díaz**

Asesora  
Mtra. en Ingeniería Informática, IPTV,  
IPTV Móvil, Redes de Entrega de Conte-  
nido (REC) y Sistemas Distribuidos  
maria.aldana.usac@gmail.com

### Resumen

El reordenamiento vial es una tendencia que se está adoptando en la ciudad de Guatemala, para redistribuir el tráfico de una manera más ordenada y fluida. La presente investigación busca apoyar estos esfuerzos, mediante la aplicación de tecnología a problemas cotidianos como transportarse de un lugar a otro. Se han realizado diversas investigaciones que buscan ofrecer soluciones tecnológicas al tráfico vehicular, mediante el enfoque de algoritmos genéticos se ha buscado la optimización de rutas en términos de espacio o tiempo; sin embargo, es evidente la necesidad de incluir parámetros adicionales como el flujo vehicular, posibles accidentes y tiempos de espera en semáforos, que permitan realizar simulaciones más apegadas a la realidad y obtener resultados más exactos.

La presente investigación busca apoyar el reordenamiento vial, mediante la creación de un algoritmo genético cuya función *fitness* calcule rutas óptimas en términos de la distancia, tiempo y velocidad, se toman en consideración eventos aleatorios como accidentes de tránsito, la densidad del tráfico vehicular y el tiempo de espera en los semáforos, dicho algoritmo genético, se utiliza en un prototipo el cual permite visualizar de manera gráfica la ruta calculada.

### Palabras clave

Algoritmos genéticos, tráfico vehicular, función *fitness*, reordenamiento vial.

### Abstract

*The road reordering is a trend that is being adopted in Guatemala City to redistribute vehicular traffic in an orderly and smoothly manner. This research seeks to support these efforts by applying technology to everyday problems as it is transportation from one place to another. There has been research seeking to provide technological solutions to vehicular traffic, like using genetic algorithms for route optimization in terms of space or time; however, it is clear the need to include additional parameters such as traffic flow, accidents and waiting times at traffic lights that allow simulations more attached to reality and get accurate results.*

*This research sought to support the road reordering by creating a genetic algorithm whose fitness function calculates optimal routes in terms of distance, time and speed, taking into consideration random events like traffic accidents, the density of traffic and time waiting at traffic lights, this genetic algorithm was used in a prototype which allows to graphically display the calculated route.*

### Keywords

*Genetic Algorithms, Vehicular traffic, fitness function, roads reordering.*

## Introducción

El problema del tráfico vehicular es común en las ciudades de América Latina y ha surgido, debido al crecimiento desmedido y la falta de planificación de las ciudades. Una herramienta poderosa y ampliamente utilizada para resolver problemas de optimización son los algoritmos genéticos, que se basan en la naturaleza evolutiva para determinar cada generación, los individuos más aptos para la siguiente generación, da como resultado, luego de varias evoluciones, el mejor resultado posible de la población inicial. Analizando el problema del tráfico vehicular como un sistema de información se puede aplicar este concepto para encontrar la ruta óptima entre dos puntos, tomando en consideración el flujo vehicular, posibles accidentes y tiempos de espera en semáforos

## Desarrollo del estudio

La manera como se crea el algoritmo genético es mediante la utilización de bibliografías primarias y secundarias para la creación. Los algoritmos genéticos utilizados son:

- Algoritmo genético de Wei Fan y Randy Machehl (2006). Con base en esta investigación, se crea la matriz de tráfico, en la cual se analizan los parámetros en estudio para crear la función fitness, necesaria para el cálculo de rutas óptimas.
- Algoritmo genético de Teklu, Sumalee y Watling (2007). Con base en los resultados de los investigadores, se determina que definir un tiempo fijo de semáforo es suficientemente aceptable para el cálculo de rutas, que mediante observación directa se estima que en promedio cada semáforo repercute en una espera de 30 segundos.
- Algoritmo genético de Chand, Prasad y Dehuri (2010). Permite establecer la base de la función *fitness*, mediante el análisis de cada cromosoma como una ruta posible que cumple el objetivo de ir de un punto A hacia un punto B, y cada gen de dicho cromosoma, como cada punto que compone la ruta.

Los accidentes de tránsito se analizan mediante el desarrollo de la siguiente función polinomial:

$$\text{Accidentes} = 0.0062x^3 - 0.7624x^2 + 31.853x + 414.23$$

La cual se crea con base en la información histórica obtenida y permite estimar la cantidad de accidentes en un día determinado.

## Resultados obtenidos

En la matriz de tráfico se incluyen 17 puntos para crear distintas rutas, utilizando el siguiente formato de la tabla I y representado en la figura 1.

Tabla I. *Matriz de tráfico*

<b>ID Origen</b>	1	1	2
<b>ID Destino</b>	2	3	4
<b>Coord. Geométrica</b>	14.62, -90.49	14.62, -90.49	14.62, -90.49
<b>Distancia (m)</b>	120	250	300
<b>Tiempo (minutos)</b>	1	1	1
<b>Velocidad (km/h)</b>	7.2	15	18
<b>Tráfico</b>	1	1	1
<b>Accidentes</b>	1	1	1
<b>Semáforos</b>	0	0	0

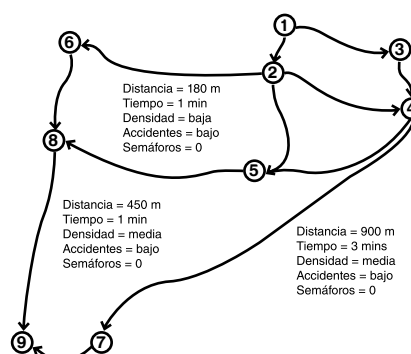


Figura 1. Representación gráfica de matriz de tráfico

La aptitud asignada a cada ruta se calcula mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Distancia aptitud} = \text{Distancia}$$

$$\text{Tiempo aptitud} = \text{Tiempo} * (\text{Tráfico} + 0.25 * \text{Accidentes}) + 0.5 * \text{Semáforos}$$

$$\text{Velocidad aptitud} = (\text{Distancia} / \text{Tiempo}) * 0.06$$

$$\text{Aptitud Final} = \text{Velocidad} * 10$$

La aptitud final se multiplica por 10 para obtener una mejor ponderación numérica para la aptitud de rutas similares.

En el prototipo se utiliza el API de Google Maps para mostrar gráficamente la ruta calculada, la cual se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Cálculo de ruta utilizando el prototipo y el AG.

El objetivo es comparar los resultados teóricos con los resultados reales y adicionalmente compararlos con Google Maps, para evaluar exactitud y tiempos de respuesta.

De los resultados se concluye que las rutas calculadas con el algoritmo genético tienen un porcentaje de error promedio de 12 %, mientras que el porcentaje de error promedio es 24 % cuando se calcula la ruta utilizando Google Maps, el resultado se muestra gráficamente en la Figura 3.

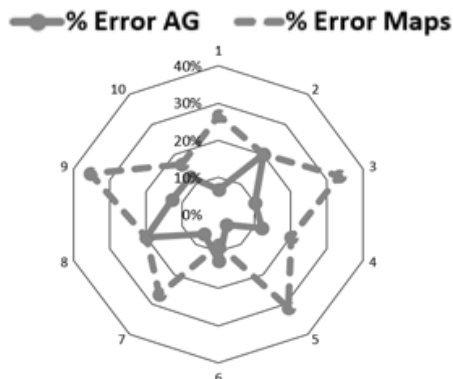


Figura 3. Comparación de resultados del experimento en gráfico radial.

## Discusión de resultados

La velocidad es un parámetro subjetivo, no se debe analizar como parámetro fundamental en el cálculo de rutas, sino como una referencia para la rapidez promedio que se puede llegar a alcanzar. Para la espera en semáforos se puede obtener una mejora en el algoritmo genético cambiando el tiempo promedio de espera por un valor aleatorio, que podría tener tres posibles valores, el mínimo, el promedio o el máximo de todos los semáforos observados.

Un parámetro que no es tomado en consideración que podría mejorar la investigación es el estudio de los carriles reversibles que son implementados por la PMT. El algoritmo genético presenta la desventaja que no recalcula una ruta una vez fue calculada, en comparación con Google Maps y Waze, además, se podría obtener mayor detalle de información utilizando un dispositivo ODBII, que permita conectar la computadora del vehículo con el teléfono, a manera de registrar tiempo, distancia, velocidad, consumo de gasolina, entre otros.

El prototipo se puede mejorar mostrando indicaciones que faciliten transitar la ruta obtenida como resultado del algoritmo genético, las cuales se pueden incluir utilizando el API de Google Directions.

## Conclusiones

1. El algoritmo genético que se desarrolla calcula rutas óptimas con base en la distancia, tiempo y velocidad, tomando en consideración eventos aleatorios como accidentes de tránsito, la densidad del tráfico vehicular y el tiempo de espera en los semáforos, tiene un promedio de error del 12 %, mientras que el algoritmo de GoogleMaps tiene un promedio de error del 24 %, por lo cual, con el algoritmo genético propuesto se mejora la exactitud en el cálculo de rutas en comparación con GoogleMaps.
2. Se define una función *fitness* funcional en términos de distancia, tiempo y velocidad, tomando en consideración eventos aleatorios como accidentes de tránsito, la densidad del tráfico vehicular y el tiempo de espera en los semáforos.

ros, la cual es funcional porque se apega a la realidad en un 88 %.

3. Los valores óptimos para los parámetros de la función *fitness* se determinan mediante pruebas de estrés y comparación de resultados teóricos y reales. El tiempo base (tiempo que toma recorrer una distancia en condiciones ideales) se relaciona con la densidad vehicular por un factor del 100 %, los accidentes lo incrementan en un 25 %, mientras que los semáforos en promedio, incrementan el tiempo por un factor de 30 segundos por semáforo.

### Recomendaciones

1. Investigar sobre redes VANET, con el objetivo que los resultados y conclusiones de la presente investigación puedan ayudar a crear dichas redes y servir de base para la creación de ciudades inteligentes.
2. Investigar sobre redes neuronales, a manera de crear no solo un algoritmo genético que calcule rutas óptimas, sino que aprenda de ellas por si solo, y pueda ser lo suficientemente inteligente para predecir el tráfico o recalcular rutas.

### Referencias bibliográficas

- Chand, P., Prasad, B., & Dehuri, S. (2010). A multi objective genetic algorithm for solving vehicle routing problem. *International Journal of Information Technology and Knowledge Management*.
- Fan, W., & Machemehl, R. (2006). Optimal Transit Route Network Design Problem with Variable Transit Demand: Genetic Algorithm Approach. *Journal of transportation engineering*.
- Teklu, F., Sumalee, A., & Watling, D. (2007). A Genetic Algorithm Approach for Optimizing Traffic Control Signals Considering Routing. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*.

### Información del autor

Ingeniero en Ciencias y Sistemas, Christoper Emanuel Santisteban González, graduado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2014.

Especialización en Administración Tecnológica de la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2015.

Maestro en Artes en Tecnologías de la Información y Comunicación de la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2016.

---

## DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN OPERATIVA PARA PLANTAS GENERADORAS HIDROELÉCTRICAS QUE OFERTAN EN EL MERCADO MAYORISTA DE GUATEMALA

---

**Jorge Luis Quemé Pac**

Mtro. en Tecnologías de la Información  
y la Comunicación  
jlqueme@gmail.com

**Everest Darwin Medinilla Rodríguez**

Asesor  
Mtro. en Administración de Negocios  
emedin@gmail.com

### Resumen

En Guatemala existen plantas generadoras hidroeléctricas que venden su energía y potencia en el Mercado Mayorista de Electricidad. En dichas plantas generadoras se produce diariamente gran cantidad de información, proveniente de las lecturas manuales de los parámetros de operación e información de los eventos operativos ocurridos.

En el presente artículo se aborda el problema del registro de la información operativa que es obtenida manualmente en las plantas generadoras hidroeléctricas, y se propone el diseño de un sistema de información operativa que facilite el ingreso, consulta y análisis de dicha información.

Los resultados del estudio son: el diseño de un modelo de dato relacional y analítico, el diagrama de clases, de secuencia y de componentes y la arquitectura de red propuesta para la implementación del sistema.

### Abstract

*In Guatemala there are hydroelectric power plants that sell energy and power in the Mercado Mayorista de Electricidad. Such power plants produce a large amount of information daily from manual readings of operating parameters and information of operational events that occur making it difficult to analyze information.*

*In this article, we discuss the problem of manual registration of information in hydroelectric power plants and we propose the design of an operational information system that facilitates the input, query and analysis of information.*

*The results of the study were the design of a model of relational and analytical data, the class diagram, sequence and component diagrams and the proposal of a network architecture for system implementation.*

### Palabras clave

Hidroeléctrica, indicador, inteligencia de negocios, data warehouse, SCADA.

### Keywords

*Hydroelectric, indicator, business intelligence, data warehouse, SCADA.*



## Introducción

La información operativa que se adquiere manualmente en una planta generadora hidroeléctrica, constituye un recurso importante para el control de los procesos que se llevan a cabo en la misma. Por tal razón, se debe contar con un sistema de información adecuado para su registro, consulta y análisis.

La primera fase del estudio es la especificación de requerimientos, cuyo resultado es la modelación de casos de uso y clasificación de la información operativa. Posteriormente, se elabora el diseño general del sistema de información y finalmente se realiza la discusión de los resultados, de acuerdo a los objetivos de acceso a la información, análisis de datos históricos y cálculo de indicadores.

## Desarrollo del estudio

En el pasado ya se han realizado esfuerzos para mejorar el registro de información que se genera en sistemas eléctricos de potencia (Ruiz, Cortéz y Chávez, 2007). Asimismo, se han propuesto soluciones móviles para realizar lecturas manuales de medidores eléctricos y registro de esta información en un servidor central (Saravia, Ruíz y Calmet, 2013).

En las plantas generadoras hidroeléctricas se recolecta información de tipo operativo durante las 24 horas del día, todos los días del año. Esta información puede ser adquirida por medio de la lectura manual de los parámetros operativos o bien automáticamente por medio de un sistema de control y adquisición de datos conocido como SCADA (Abdelay y Om, 2011).

También existe información operativa de los eventos que ocurren en la planta y que determinan la disponibilidad de las unidades, tales como mantenimientos y salidas forzadas, la cual se registra en un libro de novedades o bitácora.

La información que se ingresa en bitácoras de eventos y hojas de control manual de parámetros operativos, no puede ser consultada y analizada de forma adecuada, ya que no se puede clasificar y ordenar.

Derivado de lo anterior se realiza el diseño de un sistema informático para el ingreso, consulta y análisis de la información operativa que se genera en una planta hidroeléctrica, con énfasis en la homologación de la clasificación de la información e indicadores, de acuerdo a las normas del Administrador del Mercado Mayorista de Electricidad.

La metodología para realizar el diseño consiste en la especificación de los requerimientos de ingreso, consulta y análisis de información que se tiene en las salas de mando de plantas hidroeléctricas, tomando como base a las 4 plantas generadoras más grandes del Instituto Nacional de Electrificación (Chixoy, Aguacapa, Jurún Marinalá y Los Esclavos).

## Resultados obtenidos

Durante la especificación de requerimientos se recaba información de los procedimientos y actividades operativas realizadas en las plantas. También se realiza el análisis de los diferentes parámetros operativos que se capturan horaria y diariamente por unidad generadora y otros equipos en las salas de mando.

Se constata que aunque en algunas de las plantas se cuenta con un sistema SCADA, aún se realizan las rondas de lectura manual de datos por parte de los operadores. Esto es una muestra de que la intervención humana no puede ser eliminada del todo en la automatización de procesos industriales (Pretlove, Skourop, 2007).

Debido a que muchos de los cálculos de indicadores de desempeño de la planta y unidades generadoras se basan en los registros de eventos de operación en los libros de bitácora, se considera necesario estandarizar el registro de estos eventos. Asimismo, se definen ocho indicadores principales cuyo cálculo realiza el sistema de información.

Con base en la especificación de requerimientos se construyen los casos de uso del sistema de información operativa y se realiza el diseño del modelo de datos, del cual se detalla una parte en la figura 1.

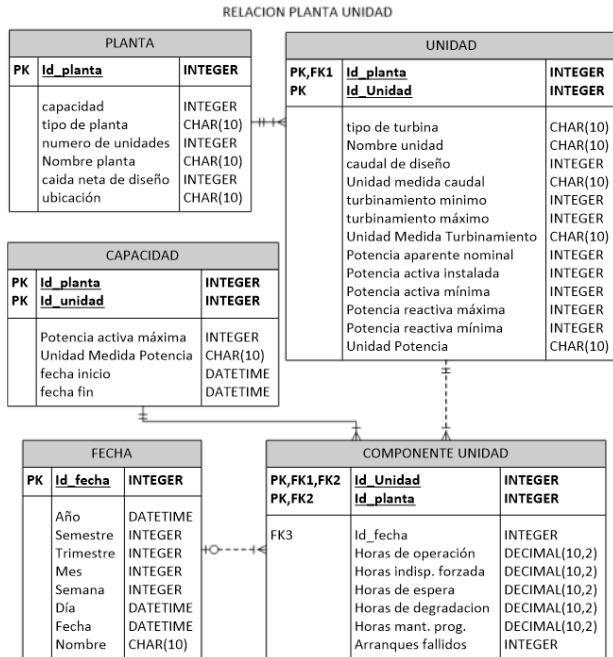


Figura 1. Modelo de datos planta-unidad del sistema de información operativa.

También se realiza el diseño del modelo de datos dinámico para la implementación de un Data Warehouse. El modelado de objetos se realiza tomando en cuenta que el sistema de información contempla la realización de actividades de ingreso, consulta y análisis de la información, como puede verse en la figura 2.

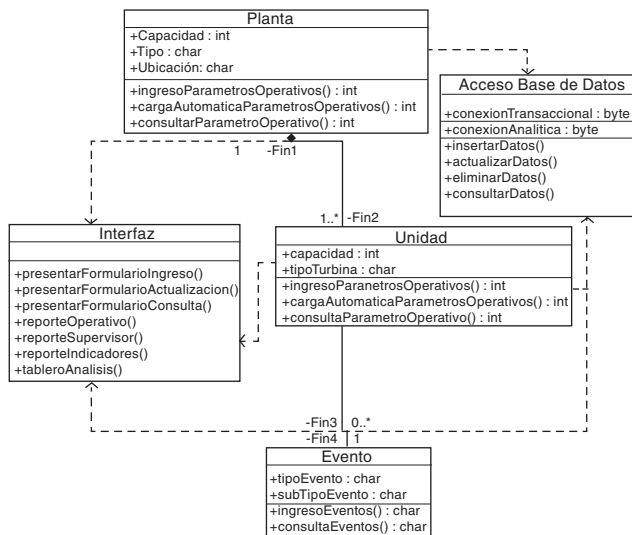


Figura 2. Diagrama de clases del sistema de información operativa.

La arquitectura de red del sistema se presenta en la figura 3. Dicha arquitectura considera que en las plantas generadoras hidroeléctricas ya existe una red Ethernet local. Se propone que el personal de operación que realiza las rondas de toma de datos, utilice un dispositivo móvil, el cual accede a la red por medio de un módem inalámbrico.

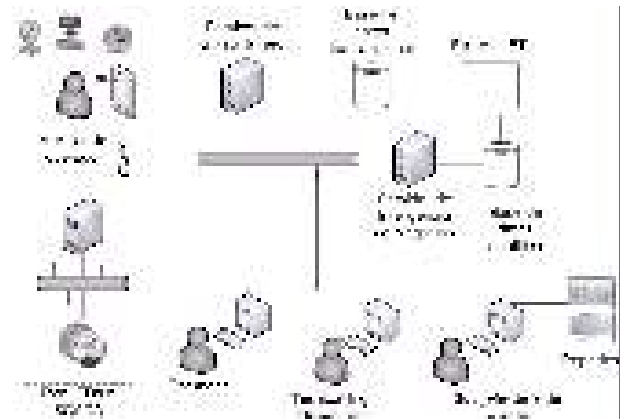


Figura 3. Diagrama de arquitectura de red.

También se propone el diseño de reportes gerenciales para el análisis de la información, basado en los indicadores de desempeño que se definen, como se visualiza en la figura 4.

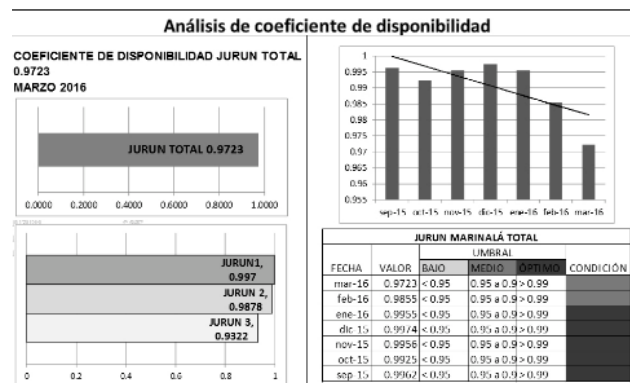


Figura 4. Diseño de reporte gerencial de indicadores

## Discusión de resultados

La arquitectura del sistema que se propone, considera contar con una herramienta de ingreso, consulta y análisis, mediante un servidor Web. De esta forma los usuarios acceden al sistema por medio del buscador de internet y la dirección URL definida, realizando un proceso de autenticación.

El alcance del diseño del sistema en cuanto al análisis de la información, toma en cuenta la generación de reportes diarios de supervisión que permiten conocer el estado de la planta y de las unidades generadoras.

Se realiza el diseño de un reporte de generación diaria de la planta, un reporte de generación horaria y un reporte diario de eventos operativos.

## Conclusiones

1. Se realiza el diseño de una herramienta de ingreso, consulta y análisis de los parámetros operativos medidos manualmente en una planta hidroeléctrica.
2. Se normaliza y ordena la información operativa que se genera en una planta hidroeléctrica para su debida consulta y análisis.
3. El diseño del sistema de información operativa considera la utilización de los datos históricos de eventos para el cálculo de los indicadores del Mercado Mayorista y otros indicadores internos.

## Recomendaciones

1. En una futura investigación se puede expandir el diseño del sistema de información, a otro tipo de plantas generadoras que utilizan energía renovable.
2. La institución a la que pertenecen las plantas generadoras hidroeléctricas que se toman como modelo, puede llevar a cabo la construcción del mismo y su implementación, aprovechando la infraestructura existente.
3. Es posible que exista la necesidad de relacionar información de los diferentes sistemas de

información de la planta, por lo que se puede diseñar e implementar una base de datos analítica que integre información de todos estos sistemas.

## Referencias bibliográficas

- Abdelay, S y Om, M. (2011) Electric DIstribution Systems. Wiley –IEEE press. Recuperado de <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=5733135&queryText=SCADA%20systems&refinements=4291944823>.
- Pretlove, J. Skourup, C. (2,007). El factor humano en el proceso. Revista ABB Review, 1-2007. Recuperado de [https://library.e.abb.com/public/a76f155875c71d82c125728b00482701/Revista\\_1\\_07\\_SPA72dpi.pdf](https://library.e.abb.com/public/a76f155875c71d82c125728b00482701/Revista_1_07_SPA72dpi.pdf).
- Ruiz, L. Cortés, D. Chávez, F. (2007). Sistema de Información de los equipos instalados en un sistema eléctrico típico de potencia: SGBD y su aplicación en la industria petrolera. Boletín IIE, enero-marzo 2007. Recuperado de <http://www.iie.org.mx/boletin012007/apli.pdf>.
- Saravia, E. Ruiz, M & Calmet, R. (2,013). Diseño de un sistema móvil para la lectura de medidores mediante tecnología bluetooth. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Mayor de San Marcos, Perú. 16 (1). 134-143. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81629469016>.

## Información del autor

Ingeniero Electricista, Jorge Luis Quemé Pac, graduado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 1999.

Maestro en Artes en Tecnologías de la Información y la Comunicación de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2016.

---

## IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL CONTROL DE INVENTARIO ENFOCADO A PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS COMERCIALES EN EL DEPARTAMENTO DE IZABAL

---

**Erick Estuardo Alvarez Ramírez**

Mtro. en Tecnologías de la Información  
y la Comunicación  
alvarezportillo@gmail.com

**Héctor Alberto Heber Mendía Arriola**

Asesor  
Mtro. en Tecnologías de Información  
y Comunicación  
hector.mendia@gmail.com

### Resumen

Las pequeñas y medianas empresas (PYMES) dedicadas a la comercialización de productos terminados, que no cuentan con un inventario actualizado de productos, no llevan el control de las transacciones que se efectúan diariamente, debido a esto, surge la falta de tiempo en la revisión y supervisión de los procesos y control del inventario, a causa de la insuficiencia de personal de trabajo, la frecuente variación de productos que ocasiona el incremento de su respectiva clasificación; rotación y reemplazo de personal periódicamente. Además, carecen de un equipo de cómputo para automatizar los procesos del control de inventario, lo cual ocasiona constantes pérdidas monetarias, la pérdida de confianza en los trabajadores de la empresa, el desconocimiento del capital que se posee en productos, la cantidad total de existencias; inversión inadecuada efectuada constantemente por no tener un buen control de egresos de los productos, y por consiguiente, no se tiene la certeza que el efectivo de caja represente a cabalidad, las ventas efectuadas en la jornada de trabajo.

### Palabras clave

Control de inventario, código de barras, PYMES, automatización, sistema de recursos empresariales.

### Abstract

*Small and medium enterprises (SMEs) engaged in the marketing of products that do not have an updated product inventory do not control daily transactions because of insufficient staff, frequent product variation. In addition, lack of computer equipment to automate the processes of inventory control results in constant monetary losses; inadequate investment consistently made for not having a good control of outflows of products, and therefore do not have the certainty that the cash represents cash fully, sales in the working day as argued Conrado, Torres, González, y Vavilova (2004).*

*Among the significant improvements resulting from the implementation of this information system, is the automation of processes of entry of products, office products, product query, report generation product supply and product sales; also including features such as restrictions on text fields, integration of product maintenance module, bar code generation, and integration module user accounts to the administration.*

### Keywords

*Inventory control, barcode, SMEs, automatization, enterprise resourcing planning.*

## Introducción

Se efectuó la programación para los diferentes módulos del sistema, como por ejemplo, el módulo de inventario, cuentas de usuario, mantenimiento de productos, despacho de productos, así como también, la programación para la funcionalidad de poder consultar tanto el estado actualizado del inventario de productos como las ventas efectuadas dentro de un rango de fechas, todo en tiempo real.

## Desarrollo del estudio

Se desarrolla el código fuente para cada pantalla de la interfaz gráfica de usuario de INFUNISA INVENTORY, bajo la metodología del modelo lineal secuencial, que se basa en el ciclo de vida clásico del desarrollo de software, empleando además, la programación modular, programación estructurada y programación orientada a objetos. Se integra varios módulos al sistema, entre ellos, el generador de código de barras de una dimensión (código 39) como lo menciona Bravo (2000), para etiquetar productos que no cuentan con el código de barras impreso de fábrica, entre otros.

Asimismo, se utiliza herramientas tecnológicas como: Microsoft Visual Basic 6.0, como lenguaje de programación y Microsoft SQL Server 2008 Express Edition Release 2, como Sistema Gestor de Base de Datos Relacional (SGBDR).

Con INFUNISA INVENTORY, automatizan los procesos de ingreso de productos, despacho de productos, consulta de productos, generación del reporte de productos en existencia y de venta de productos; incluyendo además, funcionalidades como restricciones en campos de texto, para validar y resguardar toda información ingresada; integración del módulo de mantenimiento de productos, que permite la modificación de los datos correspondientes, e integración del módulo de cuentas de usuario, para la administración respectiva.

Se investiga acerca de los sistemas de información para el control de inventario que existen en el departamento de Izabal y que estuviesen implementados en PYMES, para evaluar y determinar su funcionalidad.

Se escudriña una base de datos con capacidad de almacenamiento superior a la que provee una hoja electrónica de cálculo, llevando a cabo pruebas de integración con el sistema de información referido, así como también, evaluando las salidas resultantes posteriores a la ejecución de transacciones de manera concurrente.

También se evalúan las opciones de seguridad pertinente como restricciones y condicionantes, para aumentar el control sobre la manipulación de la información en INFUNISA INVENTORY.

Se diseña el módulo para generar código de barras de una dimensión, con el fin de transcribir caracteres ingresados en información codificada, representada por barras y espacios que pueden tener un ancho simple o un ancho que es múltiplo de este ancho simple.

El diseño de la interfaz gráfica de usuario de este sistema de información para el control de inventario, es amigable y fácil de usar. Asimismo, se diseñan los informes que debían ser generados desde los módulos correspondientes.

## Resultados obtenidos

INFUNISA INVENTORY es completamente personalizado hacia el cliente, desde su interfaz gráfica hasta las funcionalidades que se requieran.

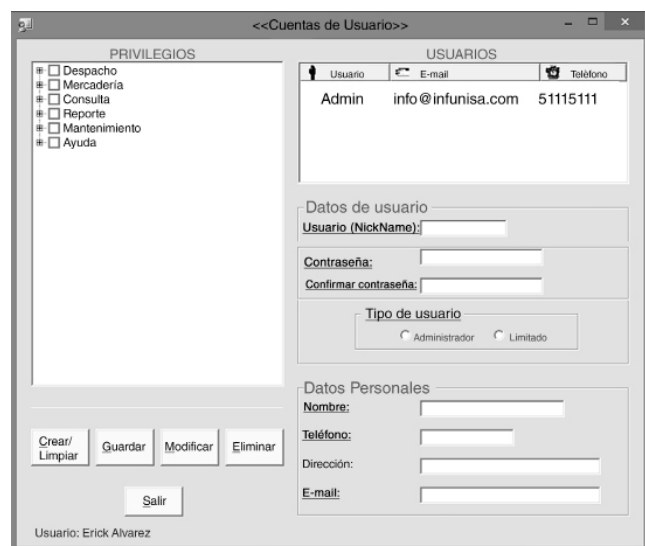


Figura 1. Pantalla de cuentas de usuario del sistema.

La figura 2 muestra la pantalla donde se introducen los caracteres que el administrador o usuario final del sistema desee transcribir en código de barras, para luego imprimir y asignar en productos que no lo tienen de forma impresa de fábrica.

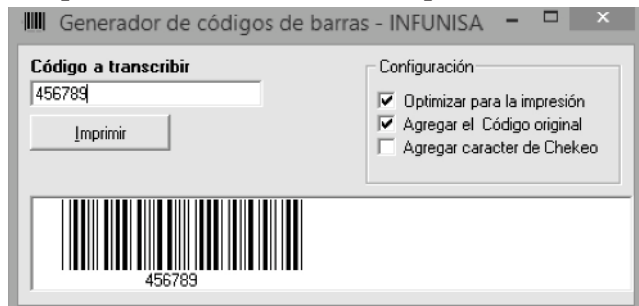


Figura 2. Pantalla del generador de código de barras del sistema.

Como refiere Iju (2010), este proyecto de software en toda pequeña y mediana empresa (PYME) comercializadora de productos terminados, ubicada dentro del departamento de Izabal, conlleva los siguientes pasos:

1. Contar todos los productos para conocer la cantidad de cada uno de ellos.
2. Instalar en las computadoras que indique la empresa, el concerniente sistema de información para el control de inventario.
3. Crear las cuentas de usuario necesarias en el sistema.
4. Generar e imprimir desde el sistema, los códigos de barras para productos que no lo tienen impreso de fábrica.
5. Elaborar los identificadores para productos que no tienen código de barras impreso de fábrica, como los que se muestran en la figura 3.
6. Ingresar en el sistema todos los productos contados. En el caso de productos recién adquiridos, ingresarlos al sistema con base en la factura de compra.
7. Capacitar a los usuarios finales sobre el uso de esta aplicación y hacer las pruebas pertinentes.



Figura 3. Identificadores para productos sin código de barras.

El video manual de usuario de INFUNISA INVENTORY, donde se explica detalladamente cada una de sus ventajas y funcionalidades, se encuentra en el hipervínculo siguiente: <https://www.youtube.com/watch?v=XAJVcZkhdYM>

### Discusión de resultados

Con el uso de este sistema de información para el control de inventario, toda pequeña y mediana empresa en el departamento de Izabal se beneficia, mejorando su posición en el mercado con respecto a la competencia como lo alude Martínez (2012), ya que dispone de módulos que automatizan los procesos de rutina diaria relacionados al control de inventario, como por ejemplo: ingreso de productos, despacho de productos, consulta de productos, generación del reporte de productos en existencia y de venta de productos, así como la generación de código de barras de forma personalizada para la identificación de productos que no lo tienen impreso de fábrica; logrando con esto, maximizar el tiempo de respuesta hacia el cliente y mejorar el control de flujo de caja de su modelo económico.

Además, este sistema de información impulsa a la pequeña y mediana empresa a incorporar tecnología, sistematizando los controles administrativos para la toma de decisiones.

### Conclusiones

1. El sistema de información INFUNISA INVENTORY, que integra el Sistema Gestor de Base de Datos Relacional (SGBDR): Microsoft SQL Server 2008 XE R2, brinda una capacidad de almacenamiento adicional de 8 GB, en comparación con la que tiene una hoja electrónica de cálculo.

2. INFUNISA INVENTORY restringe y resguarda el manejo de la información, evitan la desconfianza, tanto en la cantidad de productos de inventario como en la seguridad de la información, ya que integra políticas de seguridad desde su instalación, requiriendo una contraseña para ser instalado, así como el control de cuentas de usuario para acceder al sistema, y restricciones en campos de texto para validar que la información introducida sea correcta.
3. El motor de base de datos de Microsoft SQL Server 2008 XE R2 es gratuito, y permite un almacenamiento centralizado de la información; se puede instalar en cualquier computadora personal con un sólo procesador de 32 o 64 bits, 1GB de memoria RAM y un disco duro de 80GB, logran con esto, beneficiar a las empresas que requieren funcionar en el entorno cliente-servidor, sin afectar su presupuesto para invertir en este tipo de tecnología.
4. INFUNISA INVENTORY ofrece la funcionalidad de generar código de barras de forma personalizada, para identificar los productos que no lo tienen impreso de fábrica, y de esta manera reconocer todo producto terminado a través del sistema, usando un lector de código de barras.
5. La aplicación de software integra la funcionalidad para consultar tanto el estado actual del inventario de productos como las ventas efectuadas dentro de un rango de fechas, todo en tiempo real.

### Recomendaciones

1. Es necesario contar o inventariar todos los productos terminados, sin excepción, antes de poner en marcha este sistema de información en toda PYME comercial, ya que de lo contrario, no se llevará un control correcto de los mismos.
2. Identificar todos los productos que no cuentan con código de barras impreso de fábrica, antes de poner en marcha este sistema de información en toda PYME comercial, ya que se deben

ingresar en el sistema todos los productos terminados, sin excepción

### Referencias bibliográficas

- Bravo, V. (2000). Software para diseño e impresión de etiquetas con código de barras, utilizando datos capturados en línea. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Conrado, F., Torres, S., González, A. y Vavilova, I. (2004). Aplicación de modelos de inventarios en una cadena de abastecimiento de productos de consumo masivo con una bodega y n puntos de venta. Argentina: Universidad del Valle.
- Iju, J. (2010). Análisis, diseño e implementación de un sistema de control de inventarios para empresas de almacenamiento de hidrocarburos. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Martínez, C. (2012). Mejoramiento de inventarios y materias primas en bodega y almacén con la implementación del sistema de código de barras. Colombia: Universidad Autónoma de Occidente.

### Información del autor

Maestro en Artes en Tecnologías de la Información y la Comunicación de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2016.



# CONTRIBUCIONES

---

DE OTRAS UNIDADES ACADÉMICAS





---

## INDICADORES DE EFICACIA PARA LAS ESCUELAS DE LA FIUSAC EN EL PERIODO 2005 AL 2014 Y MEDICIÓN DE INDICADORES DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

---

**José Alfredo González Díaz**

Mtro. en Docencia Universitaria  
Facultad de Humanidades  
stiasociados@gmail.com

**Alice Burgos Paniagua**

Asesor  
Dra. en Educación  
aburgosgt@gmail.com

### Resumen

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala tiene ocho escuelas, cada una de ellas es diferente en su pensum de estudio y grado de dificultad. Como un aporte a la medición del rendimiento académico se realiza una investigación para determinar un grupo de indicadores de eficacia que según los directores de las escuelas de la facultad son apropiados según su criterio para evaluar la eficacia de su escuela. También se lleva a cabo la medición de estos con información obtenida del Centro de Cálculo e Investigación Educativa de la facultad, publicando en el presente artículo solo los resultados obtenidos de los estudiantes que se inscribieron del año 2005 al año 2014 de la Escuela de Ingeniería Civil. Y como complemento se elabora un análisis de las cohortes de los años 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 y 2010 mostrando de manera longitudinal como se gradúan los estudiantes a través del tiempo. Se pone en evidencia que en tres de las seis cohortes estudiadas, solo cuatro estudiantes se graduaron en cuatro años.

### Palabras clave

Indicadores, eficacia, FIUSAC, análisis, cohorte, rendimiento académico.

### Abstract

*The School of Engineering of Guatemala's San Carlos University has eight schools; each of them has different pensum of study and degree of difficulty. As a contribution to the measurement of academic performance has been developed a research to determine a group of effectiveness indicators, which according to the directors of the School of Engineering of Guatemala's San Carlos University are appropriate to evaluate the effectiveness of their school. The measurement of these indicators was held with information from the faculty's Center of Calculation and Educational Research. Only the results from the students who enrolled from 2005 to 2014 are published in this article. Complementary, a cohort analysis from 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, and 2010 was elaborated, showing in a longitudinal manner how students graduate over time with their respective percentages. It became evident that in three from the six studied cohorts, there were four students who graduated in four years.*

### Keywords

*FIUSAC, indicators, cohort, analysis, academic performance.*

## Introducción

Las herramientas tecnológicas para el manejo de datos son fundamentales en la generación de información vital para la toma de decisiones y más importante es tener establecidos los indicadores. En la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FIUSAC) cada escuela hace esfuerzos individuales por medir el rendimiento académico, siendo estos mínimos.

En la presente investigación se elabora una propuesta de indicadores de eficacia para las diferentes escuelas de la FIUSAC. También se lleva a cabo la medición de estos indicadores a través del análisis de los datos de los estudiantes inscritos desde el año 2005 al año 2014. Esta información se obtuvo del Centro de Cálculo e Investigación Educativa de la FIUSAC mostrando los resultados de la Escuela de Ingeniería Civil.

Finalmente, se hace un análisis de cohortes de la escuela de Ingeniería Civil donde se evidencian datos interesantes ya que es la escuela de la FIUSAC con los mejores indicadores medidos.

## Desarrollo del estudio

Se desarrolla una investigación de diseño mixto con enfoque cuantitativo, no experimental de tipo descriptivo y longitudinal; y es cualitativa a través de la realización de entrevistas para determinar los indicadores de eficacia de las escuelas de la FIUSAC.

La investigación se enfoca en el análisis de la totalidad de la información relacionada con las notas de todos los estudiantes de la FIUSAC, describiendo su comportamiento a través de los diferentes indicadores de eficacia en esos años. Estos indicadores se determinan en función de las entrevistas a los directores de todas las escuelas llevadas a cabo en el año 2015 y posteriormente se analiza el resultado de tales indicadores y la forma en que describen la situación de eficacia de las diferentes escuelas.

Este artículo se centra en el resultado de la medición obtenida del comportamiento a través del tiempo de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil de acuerdo al año de ingreso.

La investigación se lleva a cabo primero a través de la determinación de los indicadores de eficacia que describen mejor el comportamiento de los estudiantes de las diferentes escuelas. La segunda parte consiste en la medición de los indicadores de las escuelas la FIUSAC en base a información obtenida del Centro de Cálculo e Investigación Educativa de la FIUSAC. La generación de los indicadores se lleva a cabo a través de la tabulación de los datos en hojas de cálculo, posteriormente se analiza e interpreta los resultados.

Para Ingeniería-ANFIE-, (2003) la eficiencia terminal es la proporción de estudiantes que finalizan exitosamente un programa de ingeniería mediante un análisis longitudinal. Se analizaron las cohortes 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 y 2010.

En la FIUSAC no hay ningún proceso efectivo para la evaluación de los resultados que obligue dar seguimiento a la información generada por el portal web y generar medidas para mejorar el resultado de la eficiencia terminal de cada escuela, y la escuela de ingeniería Civil no es la excepción. Sin embargo por la acreditación ya se tiene el compromiso de hacer ciertas evaluaciones de rendimiento y dar seguimiento.

## Resultados obtenidos

Como resultado de las entrevistas realizadas a cada uno de los directores de las escuelas de la FIUSAC, se determina que para ellos los indicadores necesarios para evaluar la eficacia de su escuela son el Tiempo de Graduación, Promedio de notas de los graduados, Porcentaje de Graduados Sobre Inscritos y número de graduados por promoción.

Tal como se observa en la figura 1 el tiempo que un estudiante necesita para obtener el cierre de pensum oscila entre 6.18 a 7.25 años. Y el tiempo requerido desde la obtención del cierre de pensum y la graduación oscila entre 2.73 años y 4.12 años. Por consiguiente al sumar estos dos valores, el tiempo de graduación para los estudiantes desde la inscripción hasta la graduación varía de 8.92 a 11.03 años.

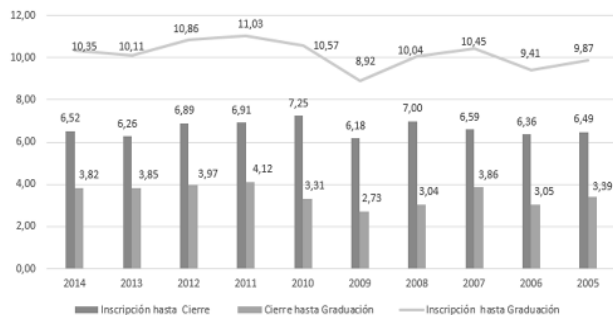


Figura 1. Tiempo promedio en años de graduación desde la inscripción.

De todas las carreras de la FIUSAC la Ingeniería Civil es en la que más estudiantes se gradúan tomando de base el número de inscritos por año. Del año 2005 al año 2014 se han graduado 1,396 estudiantes, graduándose en promedio por año 140. Siendo el año 2014 el que más graduados tiene(180), mientras que el año en que menos estudiantes se graduaron fue en el 2006 con 94 graduados.

Los promedios de las notas oscilan entre 68.61 y 69.18 puntos registrándose un máximo en el año 2014 con 69.94.

### Discusión de resultados

Las carreras de la FIUSAC en su mayoría permiten que los estudiantes que aprueban sus cursos avancen de manera rápida en el pensum, logrando en algunos casos cerrar el pensum y graduarse en menos de cuatro años.

El grado de dificultad de la carrera y la flexibilidad del pensum quedan evidenciados en la tabla I dado que hay estudiantes que se gradúan en cuatro años, esto se observa en la cohorte de 2005, 2006 y 2009. Esto es importante para los estudiantes que desean estudiar en el extranjero una maestría o simplemente para integrarse al mercado laboral lo más pronto posible.

La eficiencia terminal no tiene un comportamiento predecible. Lo normal es que los estudiantes se gradúen entre el quinto y sexto año después haberse inscrito. Para las cohortes de 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009 se graduaron 30, 16, 13, 19 y 30 estudiantes respectivamente, en tiempo normal.

Es decir que se graduaron en 4, 5 o 6 años. En términos porcentuales estos datos representan el 13.7%, 8%, 4.9%, 10.3% y 14.8% respectivamente.

Estos porcentajes son preocupantes, es determinante que la institución priorice analizar e investigar cuales con los factores que influyen en la eficiencia terminal y promover un mejor rendimiento académico en la escuela.

La escuela de ingeniería Civil actualmente está acreditada por la Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura y de Ingeniería, razón por la cual es determinante medir que tipo de impacto ha tenido en el rendimiento académico debido a los requerimientos de acreditación que ha completado.

Al analizar el número de graduados por año de graduación para la cohorte 2005 se tienen 1, 11, 18, 13, 19, 13 y 8 graduados en los años 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014 respectivamente. Se tiene el máximo en el quinto año posterior al año de inscripción.

De las cohortes de 2005, 2006 y 2007 se han graduado después de 8 años 62, 50 y 53, respectivamente. Esto representa el 28.3%, el 24.9% y 20.1% respectivamente. Es evidente la disminución de la eficiencia terminal. Y la pregunta es ¿Qué harán las autoridades al respecto? ¿Qué tipo de análisis periódico se hace para medir la eficiencia terminal?

En el proceso de enseñanza aprendizaje que se desarrolla en la FIUSAC los actores principales son los docentes, los estudiantes y la institución. Es muy importante que la cultura institucional se transforme para evaluar permanente el resultado de los estudiantes durante todo del proceso educativo comenzando desde el examen específico para poder ingresar a la facultad.

### Conclusiones

1. Los indicadores de eficacia propuestos por los directores de las escuelas de la FIUSAC en términos de lo que ellos consideran es práctico y funcional son: tiempo en años desde que un estudiante se inscribe hasta que se gradúa,

- promedio de notas de los graduados, porcentaje de graduados sobre inscritos y cantidad de graduados por promociones.
2. Los indicadores de eficacia de la Escuela de Ingeniería Civil muestran que los estudiantes que se graduaron entre el año 2005 a 2014 tienen un tiempo promedio de graduación entre 9 años y 11.35 años, el promedio de notas oscila entre 68.61 y 69.94 puntos. En cuanto al porcentaje de graduados sobre inscritos los datos reflejan que entre el 4% y el 8% se gradúan del total de estudiantes inscritos. El número de graduados oscila entre 94 y 180 registrados en los años del 2006 y 2014 respectivamente.
  3. El análisis de las cohortes de la escuela de Ingeniería Civil del año 2005 a 2010 evidencia que hay estudiantes que se gradúan en 4 años, siendo lo normal seis años. Se graduaron en las cohortes 2005, 2006 y 2009, 1, 1 y 2 estudiantes respectivamente.
  4. Dado que el tiempo promedio de graduación es de 10 años, para la cohorte de 2005 después de este tiempo se determinó que se han graduado 83 estudiantes. Estos representan el 37.9% de los estudiantes inscritos.

### Recomendaciones

1. Es muy importante que la FIUSAC implemente dentro de su sistema de control de notas los indicadores de eficacia propuestos para tener la información en cualquier momento y que sea parametrizable.
2. Llevar a cabo reuniones semestrales en los diferentes niveles organizacionales de los docentes liderados el secretario académico para analizar el resultado de los indicadores de eficacia y tomar decisiones para la mejora de la optimización de recursos del estado.
3. Es determinante la creación de políticas para la mejora continua del rendimiento académico para que sin importar las autoridades de turno se dé seguimiento y se obtenga una mejora a mediano plazo.

4. Es preciso hacer análisis de tipo transversal y longitudinal de manera periódica para cada escuela.

### Referencias bibliográficas

Ingeniería(ANFIE), A. N. (2003). XXX Conferencia Nacional de Ingeniería: La eficiencia terminal en los programas de ingeniería. Conclusiones y Recomendaciones. ASOCIACIÓN NACIONAL DE FACULTADES Y ESCUELAS DE INGENIERÍA (págs. 64-37). Octubre - Diciembre, Vol. VI No. 21.

### Información del autor

Ingeniero en Ciencias y Sistemas, José Alfredo González Díaz graduado en la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) 2004

M.A. Docencia Universitaria de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Humanidades, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017.