



**FIUSAC**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

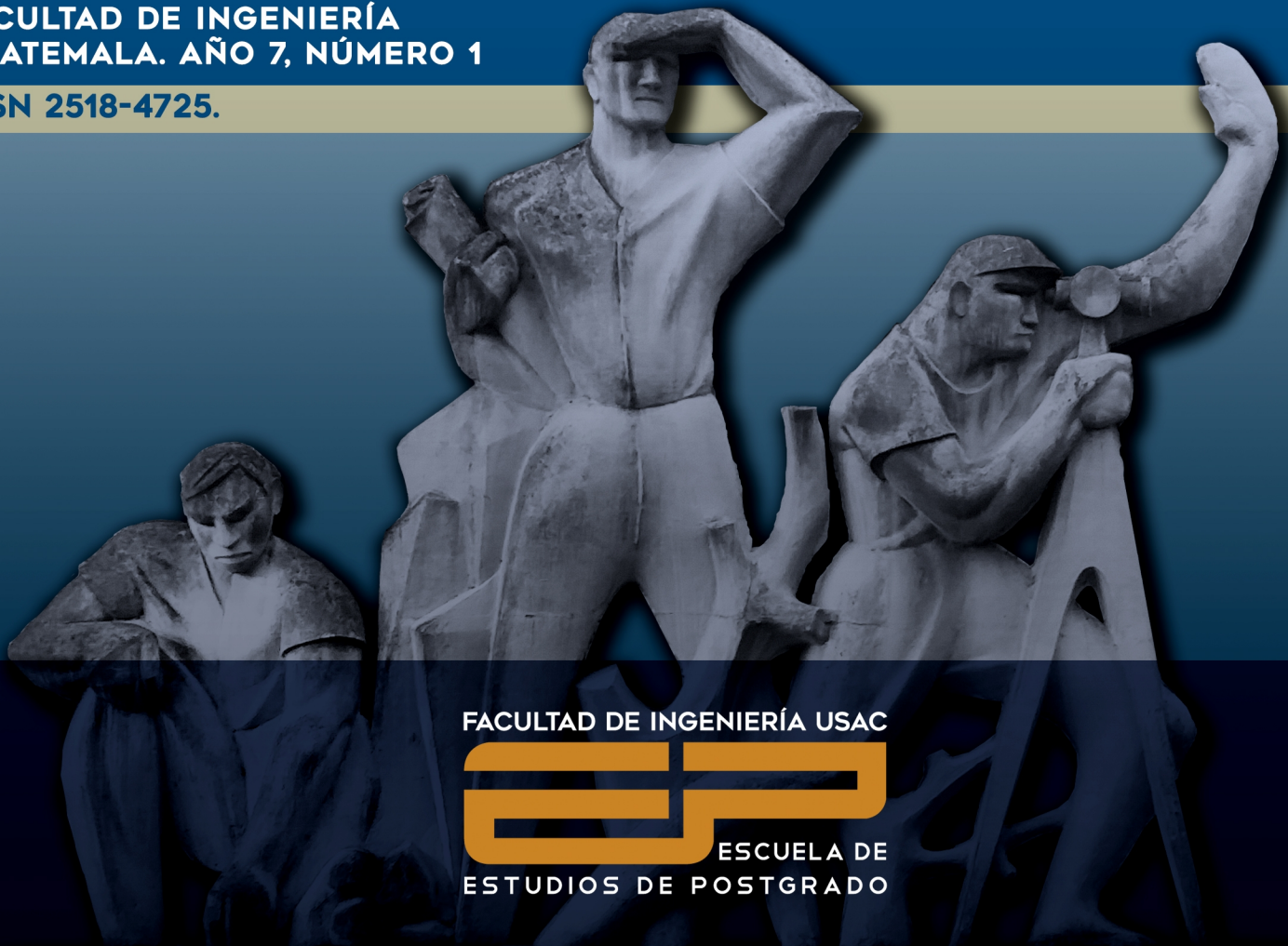
# REVISTA

DE LA ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

# 2016

FACULTAD DE INGENIERÍA  
GUATEMALA. AÑO 7, NÚMERO 1

ISSN 2518-4725.



FACULTAD DE INGENIERÍA USAC



ESCUELA DE  
ESTUDIOS DE POSTGRADO



---

## **EDITORIAL**

---

Revista de la Escuela de Estudios de Postgrado

Año 7. 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 Administración**

María Isabel García Avila

#### **Diseño y Diagramación**

---

### **Impreso**

Artes Litográficos

### **Revista anual**

Tiraje 1000 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  
Ing. Ángel Roberto Sic García, VOCAL I  
Mtro. Pablo Christian de León Rodríguez, VOCAL II  
Mtra. Elvia Miriam Ruballos, VOCAL III  
Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova, VOCAL IV  
Br. Henry Fernando Duarte García, VOCAL V

### **Escuela de Estudios de Postgrado**

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

### **Consejo Editorial**

---

Mtro. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Dra. Mayra Virginia Castillo Montes  
Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque  
Mtro. Neri Armando Nájera Argueta  
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, es la encargada de formar en un nivel superior al título de grado, requiriendo conocimientos específicos sobre una materia en particular, así como un grado de madurez de visualizar cada tema en que se estará interactuando o generando conocimiento, lo que la convierte en una ruta muy importante de la investigación en sus diferentes ámbitos.

Estamos interesados en formar profesionales con un alto grado de especialización en la problemática de creación, gestión y operación de los servicios, o sea, brindar una formación balanceada entre negocios, tecnologías y ciencias sociales que permita comprender y aplicar los paradigmas que implican la orientación hacia activos más intangibles. Formar profesionales preparados para participar en procesos de innovación, fomentando la creatividad, la aplicación del pensamiento crítico y el juicio profesional para solucionar problemas reales referidos a los sistemas de servicios.

Nos interesa que las carreras de postgrado de la Facultad de Ingeniería tengan programas diseñados para preparar profesionales en la aplicación de principios de ingeniería y habilidades técnicas para ayudar a los profesionales de apoyo que participan en el desarrollo sostenible de prácticas de eficiencia energética.

En el tema de Infraestructura se deben preparar a los profesionales en gerencia de proyectos de tecnología, asegurando la efectiva recepción, apropiación y transferencia de tecnología; optimizando la infraestructura física que incluye recursos materiales, instalaciones y servicios.

No menos importante se debe considerar la subcategoría de infraestructura administrativa que debe abarcar gerencia, organización, normativas y financiamiento.

Asimismo la docencia tiene que estar articulada a la investigación, a través de un enfoque metodológico que produzca mentes críticas, innovadoras, creativas, ávidas del saber, que aporten al desarrollo socioeconómico del país.

Prueba de los conceptos vertidos anteriormente es la serie de artículos que se presentan en esta revista, cargada de diferentes competencias vertidas por cada uno de los profesionales.

**Mtro. Pedro Aguilar Polanco**

---

Decano

Facultad de Ingeniería

---

## TABLA DE CONTENIDOS

---

### ARTÍCULO DE LA DIRECCIÓN

Los Doctorados, una tarea académica de las Universidades

Mtro. Murphy Olympto Paiz Recinos ..... 8

### ENSAYO DE DOCENTES

Enfoques en el análisis de series de tiempo de eventos extremos hidrometeorológicos

Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque ..... 10

### ARTÍCULOS DEL ÁREA DE GESTIÓN Y SERVICIOS

Diseño del proceso de control de calidad en la instalación de servicios ADSL (línea de abonado digital asimétrica).

Mtro. Luis Manuel Ramírez Ramirez ..... 16

Cuantificación de vinagre obtenido de la cáscara de piña por medio de fermentación alcohólica y acética, y su incidencia en la productividad, en una empresa guatemalteca.

Mtra. Karla Anabella Reyes ..... 22

Desarrollo de un modelo de seguridad industrial basado en el informe 32 de la OMS, para mejorar la calidad de los procesos analíticos en el laboratorio de control de calidad, en una industria farmacéutica en la ciudad de Guatemala.

Mtro. Carlos Humberto Ajú Pérez ..... 28

Mejora de la productividad en una empresa de servicios profesionales de ingeniería, analizando los procesos a través de la gestión de procesos de negocio.

Mtro. Jeremías Ezequiel Morales García ..... 35

Reconstrucción y/o reparación de piezas de fundición gris por medio de soldadura al arco (SMAW).

Mtro. Byron José Bonilla Chang ..... 40

Análisis modal de fallos y efectos para evaluar los factores que regulan la eficiencia del proceso de producción de varilla de acero corrugado.

Mtro. Jonatan Benjamín Solares Salazar ..... 45

### ÁREA DE DESARROLLO SOCIO-AMBIENTAL Y ENERGÉTICO

Reutilización del efluente tratado del proceso de lavado de prendas textiles de lona para mitigar la huella ambiental en una planta de producción en Guatemala.

Mtro. Diego Silva Linares ..... 50

Propuesta de un modelo mínimo de centro de acopio para desechos sólidos, caso validado en el mercado municipal de Casillas, departamento de Santa Rosa, Guatemala.

Mtra. Karla Ivonne Rodríguez Quiñónez ..... 55

Sistema de gestión de la calidad del agua que consume la población urbana del municipio de El Progreso, Jutiapa, basado en la metodología del plan de seguridad para calidad del agua de la OMS.

Mtro. Rómulo Enock Salguero Salvador ..... 61

---

## TABLA DE CONTENIDOS

---

### ÁREA DE INFRAESTRUCTURA

Diferencias de las propiedades físico-mecánicas en arcillas, de tres formaciones geológicas, distribuidas en el bloque Chortí, república de Guatemala.

Mtro. Sergio Antonio Castellanos López ..... **65**

Estudio de tránsito del periférico, iniciando en la zona 7 y finalizando en la zona 8 de la ciudad de Quetzaltenango, Quetzaltenango.

Mtro. Juliane Mcdamara Anleu Hernández ..... **72**

Diseño de un modelo para el sistema de registro de volúmenes de tránsito vehicular en Guatemala, homologado con una muestra estratificada aleatoria bietápica de la región VI o suroccidental.

Mtra. Karina Lisseth Navarrijo Zabala ..... **77**

Sistema informático para la gestión ganadera bovina, en Guatemala.

Mtro. Rubén Darío Crespo Valenzuela ..... **81**

### ÁREA DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Proyecto de emprendimiento empresarial en el diseño de soluciones a riesgos de seguridad de la información, basado en la teoría general de disuasión.

Mtra. Alicia Eugenia Ruano Aguilar ..... **86**



---

## LOS DOCTORADOS, UNA TAREA ACADÉMICA DE LAS UNIVERSIDADES

---

### Murphy Olympo Paiz Recinos

Mtro. en Docencia Universitaria

Director de la Escuela de Estudios de Postgrados de la Facultad de Ingeniería  
paizmurphy@gmail.com

Inicialmente comprendamos el significado de doctorado: El nivel más importante que otorga una institución académica, siendo el mayor grado académico de estudios en determinada formación. A nivel de nuestras universidades nos referimos a doctorados en investigación.

A lo interno, la oferta de doctorados a nivel general en la Universidad de San Carlos de Guatemala, hoy en día no alcanza el porcentaje adecuado en relación a la cantidad de docentes, con el agregado que no todas las Unidades Académicas han logrado implementar dentro de su oferta académica los programas de doctorado.

A nivel general, como es posible tener universidades que compitan en el mundo académico y que cumpla con su compromiso de aporte a la solución de los problemas nacionales, sin propiciar y fortalecer la investigación. Hoy por hoy, nuestro sistema académico debe abrirse y adaptarse al mundo de las grandes universidades, que en su momento histórico tuvieron condiciones similares a las nuestras; en otra forma de decirlo, debemos aprender de las buenas prácticas, es decir, con programas de calidad y con sostenibilidad.

Pregunto: ¿en el mundo académico, todos tendrán el perfil para ser doctores? Diría que No, ya que se debe cumplir con determinadas competencias ya definidas.

Algunas normativas, como el caso de la española, se establecen para los aspirantes a doctorado algunas competencias, como lo son: 1) Comprensión sistemática de un campo de estudio y dominio de

las habilidades y métodos de investigación relacionados con dicho campo, 2) Capacidad de concebir, diseñar, poner en práctica y adoptar un proceso sustancial de investigación con seriedad académica, 3) Realización de una contribución a través de una investigación original que amplíe las fronteras del conocimiento desarrollando un corpus sustancial, del que parte merezca la publicación referenciada a nivel nacional o internacional; 4) Capacidad de realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas; 5) Comunicación con sus colegas, con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de sus áreas de conocimiento; 6) Capacidad de fomentar, en contextos académicos y profesionales, el avance tecnológico, social o cultural dentro de una sociedad basada en el conocimiento.

Regresando a las ideas iniciales, como podemos ejemplificar en lo referente a cómo competir en el mundo académico?, se puede responder que a través de los procesos de acreditación y esto significa fomentar e incentivar la investigación a todo nivel. Regresamos a la esencia de los doctorados, y ante ello descartamos radicalmente el modelo de un doctorado basado únicamente en la figura curricular.

Es importante enfatizar, que las Universidades son el soporte y respaldo para el desarrollo de la nación, y todas están obligadas a propiciar y formular propuestas de solución a diversos problemas nacionales. En nuestro país, la investigación no ha sido la prioridad, hemos sido conducidos solo al consumismo o a la maquila de las innovaciones

externas, y eso se evidencia con la pobre y escasa producción de patentes a nivel nacional.

Adiciono que no tenemos el nivel de ser reconocidos como formadores de doctores, no digo de profesionales que curan personas, hablo de profesionales que han conducido investigaciones específicas y que se han identificado con el tema y profundizado en el mismo.

Las Universidades deben definir conjuntamente en armonía y con seriedad, un sistema nacional educativo a nivel superior, que abarque e involucre los doctorados, y no ser un país en determinado momento reconocido como productor de doctorados de niveles bajos, incluso sin tesis doctoral, ojala estemos a tiempo de evitar esos delitos si llegaran a ocurrir.

El sector gobierno y el sector privado deben integrar conjuntamente con las Universidades las temáticas de investigación; buscar que los programas de doctorado sean una prioridad a nivel nacional; que las Universidades aperturen a lo individual o en agenda conjunta programas de doctorado y así la sociedad comprenderá y reconocerá la necesidad de investigar, y finalmente contar con el financiamiento que involucra el hacer investigación.

Por el momento en nuestro país, ya tenemos legalmente aprobadas 15 universidades, de las cuales no todas sirven doctorados, y estas al día de hoy todavía no han caído a la producción desmedida de doctorados sin calidad, estamos en el momento de regular y orientar en forma seria y adecuada. Lo ideal o idóneo sería realizar una agenda nacional de educación ( a nivel académico se valen las cartas de entendimiento, sin necesidad de regular o caer al desgaste de la creación y aprobación de leyes), una agenda que pueda ser medible y que se enmarque a un plan estratégico que se vincule con el sector productivo del país, y que el sector publico o estado pueda beneficiarse a mediano y largo plazo.

Lo importante es reconocer que hoy la investigación es una tarea académica que a nivel educacional debe ser un eje importante de nuestros

compromisos, y que debemos empezar a ordenar su impulso, ya que presentamos una gran brecha a nivel regional.

Cuantos años necesitaremos para poder llegar a un nivel adecuado de investigación? Es otra de las preguntas que hoy no podemos contestar sin una agenda, sin el orden deseado y sin el consenso entre los sectores involucrados. Los cambios han venido ocurriendo a nivel mundial, y sobre todo a nivel de instituciones que con la innovación lo han demostrado. Son en conclusión la experiencia y validación que podemos observar y adaptar.

---

## ENFOQUES EN EL ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO DE EVENTOS EXTREMOS HIDROMETEOROLÓGICOS

---

**Juan Carlos Fuentes Montepeque**

Mtro. en Hidrología y Recursos Hidráulicos  
Coordinador de Área de Desarrollo Socio-Ambiental y Energético  
jcfuentes24@gmail.com

### Resumen

El análisis de frecuencia de eventos extremos hidrometeorológicos, se utiliza para estimar la magnitud y/o la recurrencia de un evento, asociado siempre a un período de retorno. En el análisis generalmente se han utilizado modelos estadísticos, los cuales se basan en el ajuste de las series de tiempo a funciones de probabilidad, que pueden aplicarse a un sitio en particular o mediante un análisis regional. Se realizó el análisis de crecidas del río Coyolate, en la estación hidrométrica Puente Coyolate, ubicada en la parte media de la cuenca. Además, se realizó el análisis regional de crecidas considerando información de 12 estaciones hidrométricas ubicadas en esta región, con longitudes de registro que oscilan entre 10 y 31 años. En todas las series, previo al análisis, se verificó la independencia y homogeneidad en las mismas. Se observó que la magnitud de las crecidas estimadas mediante el análisis regional es mayor que el considerado para un solo sitio en particular. Asimismo, es factible la aplicación de otro tipo de modelación hidrológica que considere tanto aspectos estadísticos como determinísticos.

### Palabras clave

Serie de tiempo, evento extremo, hidrometeorología, homogeneidad, modelo, función de probabilidad.

### Abstract

*Frequency analysis of hydrometeorological extreme events, is used to estimate the magnitude and / or recurrence of an event, always associated with a return period. The analysis have generally utilized statistical models, which are based on the adjustment of the time series probability functions that can be applied to a particular site or by a regional analysis. Flood analysis of Coyolate River in the hydrometric station Coyolate Bridge, located in the middle part of the basin was made. In addition, the regional flood analysis considering information of 12 hydrometric stations located in this region, with record lengths ranging between 10 and 31 years was performed. In all series, before analyzing the independence and homogeneity in the same was verified. It was observed that the magnitude of the estimated by analyzing regional flooding is greater than the one considered for particular site. The application of other hydrologic modeling that considers both statistical and deterministic aspects is also feasible.*

### Keywords

*Serie, extreme event, independence, homogeneity, model, probability function.*

## Desarrollo del estudio

En hidrología, los eventos extremos comúnmente analizados comprenden crecidas y lluvias intensas. En lo que respecta a lluvias, puede analizarse la intensidad, lámina diaria máxima anual y lámina máxima anual en 24 horas. Estos eventos se caracterizan por poseer baja probabilidad de excedencia, y por ende, altos períodos de retorno.

Las series de tiempo comprenden entonces, un conjunto de datos respecto a la medición de una variable continua, la cual se caracteriza por su longitud y consistencia; además, debe cumplir con los criterios de independencia y homogeneidad, para la realización de análisis estadísticos y/o hidrológicos avanzados. De acuerdo con Ganancias (2009), es

indispensable que las series de tiempo sean independientes y homogéneas.

La independencia fue verificada mediante la prueba de Anderson y la homogeneidad, mediante las pruebas *t* de Student y de Cramer, descritas por Escalante & Reyes (2005).

## Resultados obtenidos

La prueba de Anderson, consiste en el trazo de un correlograma con intervalos de confianza al 90 % y 95 %, con límites superior (LS) e inferior (LI), estimados mediante la ecuación  $L = [\pm 1 - Z\alpha/2\sqrt{(N-K-1)}/N-1]$ , donde *Z* es la variable estandarizada de la distribución Gaussiana, mostrado en la Figura 1:

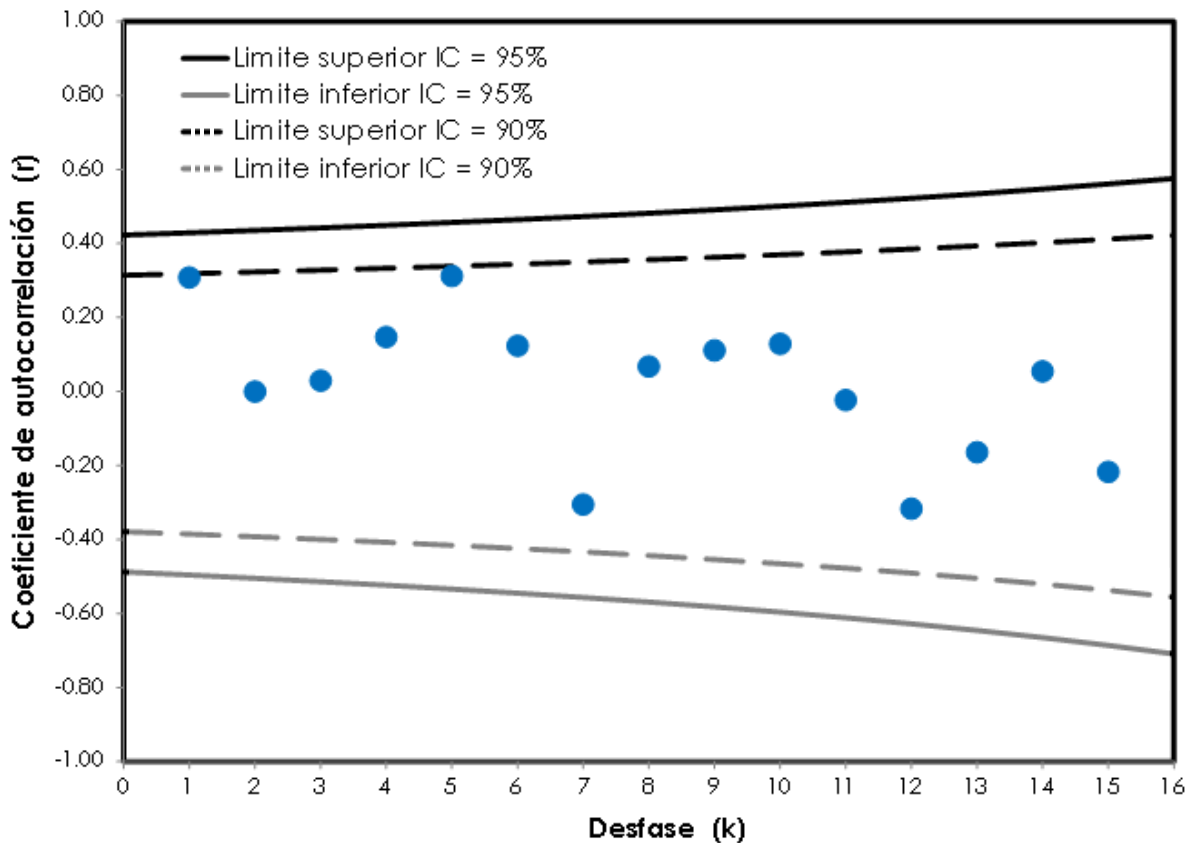


Figura 1. Correlograma de la serie de tiempo de caudales máximos anuales, estación hidrométrica Puente Coyolate.

Fuente: elaboración propia.

Con desfases  $K = 15$ , en este caso  $K = N/2$ , donde  $N$  es el igual a 31 años de longitud de registro de la serie, se observa que todos los puntos quedan comprendidos dentro de los intervalos de confianza.

Para que la serie sea independiente, al menos debe estar el 90 % de los puntos dentro de los intervalos, en tal sentido, se concluye que la serie es independiente. Los resultados obtenidos de las pruebas para verificar la homogeneidad, son los siguientes:

Tabla I. *Parámetros obtenidos en las pruebas de homogeneidad.*

Prueba	Estadístico t		Conclusión
	Estimado	Teórico	
t Student	2.53	2.76	Homogénea
Cramer	1.84	2.78	Homogénea

Fuente: elaboración propia.

En ambas pruebas realizadas, el valor t estimado es menor que el t teórico, por lo que la serie es homogénea. Se concluye entonces que la serie de tiempo correspondiente a crecidas máximas anuales en la estación hidrométrica Puente Coyolate es independiente y homogénea, por lo que la misma puede ser objeto de análisis estadísticos avanzados.

Asimismo, la independencia y homogeneidad fue verificada a las 11 series de tiempo restantes que se utilizaron en el análisis. En la Figura 2, se muestra la relación entre el caudal específico ( $m^3/s/km^2$ ) y el área ( $km^2$ ) de las cuencas, con las respectivas curvas envolventes.

Al realizar el análisis, se obtiene un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0.80, el cual se considera adecuado y se verifica que las series en mención son consistentes. Asimismo, se comprueba que las series de tiempo provienen de estaciones hidrométri-

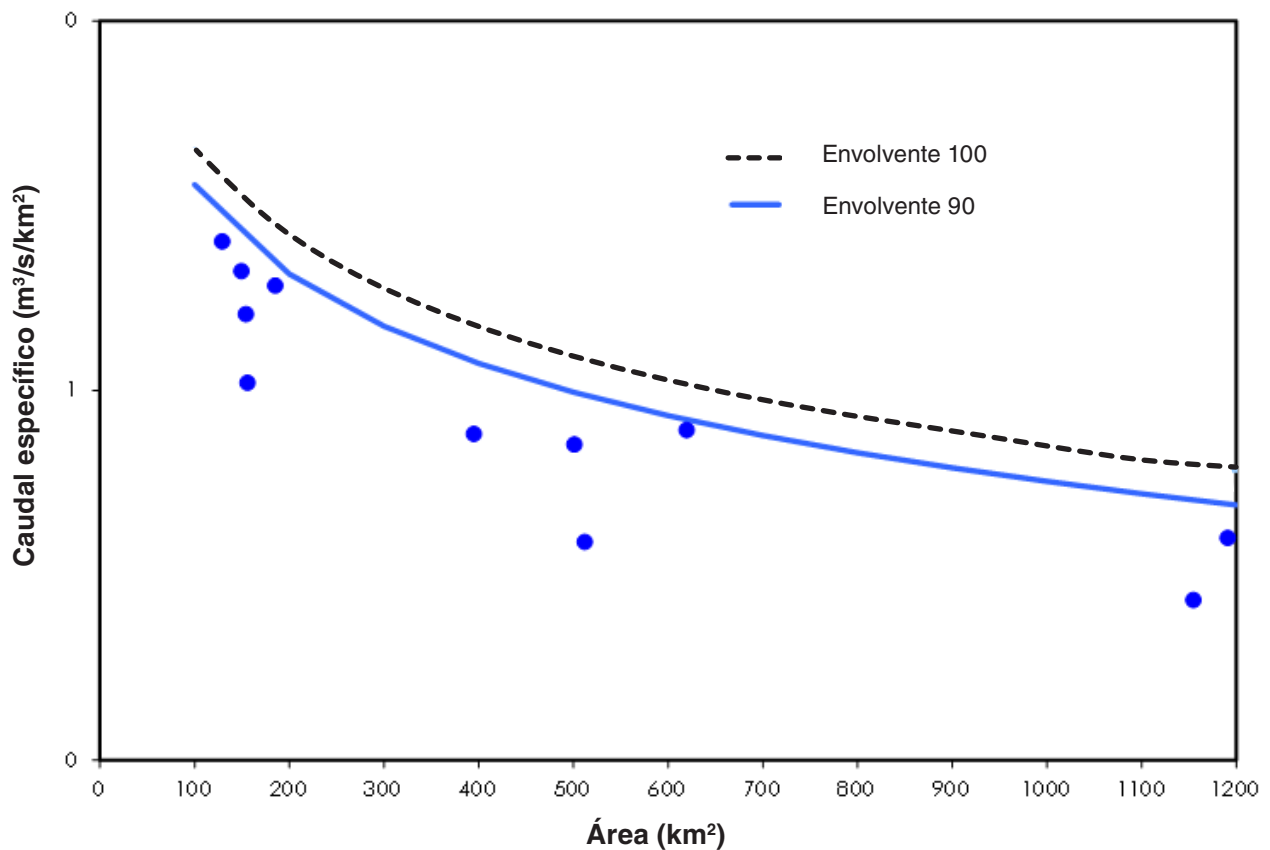


Figura 2. Caudal específico versus área en las series de tiempo analizadas.

Fuente: elaboración propia.

cas ubicadas en condiciones hidrológicas similares.

## Discusión de resultados

### Análisis de frecuencia (enfoque estadístico)

El análisis se realiza para un sitio específico y consiste en el ploteo de la serie de tiempo en estudio conjuntamente con una gama de funciones de probabilidad, en papel a escala probabilística Gumbel. Para el trazo del papel, se utilizó la metodología descrita por Hosking & Wallis (2005).

Las funciones de probabilidad que se graficaron fueron Galton 2P, Galton 3P, Pearson III, Gumbel, Fréchet, Gama 2P, Log Pearson III, Gumbel ML, Fréchet ML, Gama 2P ML, Galton 2P ML y Log Pearson III ML, con momentos convencionales y lineales en los casos aplicables.

La selección de la función de mejor ajuste puede realizarse de forma visual o estadística, en el análisis se aplicó el error cuadrático citado por Aparicio (2011) y el error estándar de ajuste citado por Kite (2002). La función de probabilidad de mejor ajuste es aquella que en ambos casos presenta el menor valor. Se deduce que la función Log Pearson III con momentos lineales (ML) es la que presenta el mejor ajuste, tal como se presenta en la Figura 3.

El error cuadrático y estándar que se obtiene en esta distribución es de 186 y 9 respectivamente. En tal sentido, las crecidas máximas anuales asociadas a períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años se estiman en 147, 313, 482, 784, 1,088, 1,476 y 1,965 m<sup>3</sup>/s, respectivamente, para el sitio donde se ubica la estación hidrométrica Puente Coyolate.

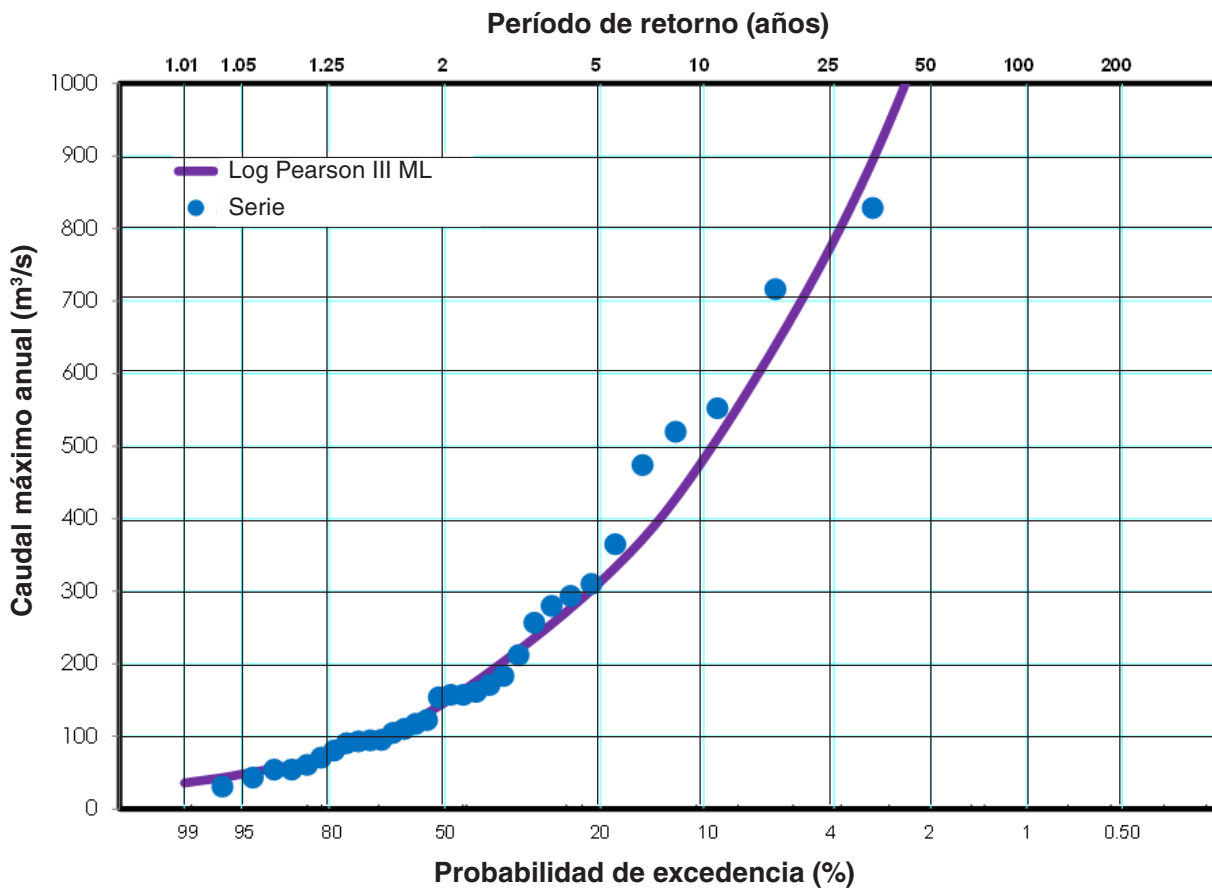


Figura 3. Función de probabilidad Log Pearson III ML.

Fuente: elaboración propia.



### **Análisis regional (enfoque estadístico)**

De igual manera, el análisis regional de crecidas es netamente estadístico en su concepción, consiste en realizar el análisis de frecuencia de series de crecidas máximas anuales, en este caso, para un grupo de estaciones hidrométricas ubicadas en una misma región hidrológica.

Posteriormente, se estiman factores de frecuencia asociados a diversos períodos de retorno para cada función de probabilidad, los cuales se pueden utilizar para estimar caudales máximos en cualquier sitio de la cuenca en función del área, en donde no se disponga de un registro continuo.

El análisis puede considerarse más completo que el anterior, en el sentido que integra un conjunto de series de tiempo de una misma región hidrológica (aquella donde el régimen de lluvia es similar y por ende, el proceso de escurrimiento). Es importante hacer notar que las características de las series utilizadas, tales como longitud, homogeneidad, independencia, datos faltantes, incidirán significativamente en la precisión de los resultados.

En tal sentido, al obtener los factores de frecuencia ( $K_{Tr}$ ), la crecida máxima ( $Q_{Tr}$ ) se estima mediante  $Q_{Tr} = K_{Tr} * Q_1$ , en donde el caudal índice ( $Q_1$ ), es el promedio aritmético de las crecidas máximas anuales. De igual manera, se obtiene que la función de probabilidad de mejor ajuste es Log Pearson III ML.

Las magnitudes de las crecidas máximas anuales asociadas a períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años, son de 199, 395, 594, 949, 1,310, 1,777 y 2,375 m<sup>3</sup>/s respectivamente. Para todos los casos, los resultados obtenidos mediante análisis regional son mayores (al menos en 20 %) de los obtenidos mediante el análisis de frecuencia.

### **Estimación de lluvias de diseño y su transformación a hidrogramas (enfoque estadístico-determinístico)**

El enfoque consiste en aplicar modelación estadística para estimar lluvias de diseño asociadas a diversos períodos de retorno.

Una vez estimadas se aplica modelación determi-

nística, para simular los hidrogramas generados a partir de las lluvias, que pueden ser láminas diarias máximas anuales o láminas máximas en 24 horas anuales, siendo lo más común, la lámina diaria máxima anual. La modelación determinística comprende desde la selección del hietograma de diseño, el cual de acuerdo con Cruz, M. (1999), puede estimarse de forma sintética o utilizando eventos históricos.

Además, la caracterización geomorfológica y los aspectos biofísicos de la cuenca de incidencia en la formación de escurrimiento superficial, tales como caracterización de la red de drenaje, relieve, uso de la tierra, permeabilidad, principalmente. Cabe mencionar que en la modelación determinística uno de los aspectos de mayor relevancia es el contenido de humedad antecedente en el suelo, ya que para una misma lluvia de diseño se pueden generar distintos hidrogramas, dependiendo de esta condición. De esta forma, la modelación determinística consiste en simular los hidrogramas asociados a las lluvias de diseño, bajo las condiciones biofísicas existentes en la cuenca al momento del evento de lluvia. Es decir, para cada lluvia de diseño se tienen los hidrogramas generados y sus componentes principales, siendo caudal máximo, caudal medio, volumen de escurrimiento y coeficiente de escurrimiento.

Con el enfoque se pueden obtener resultados más precisos que con los anteriores, dado que se consideran los factores que intervienen en la transformación de la lluvia a escurrimiento. Para la aplicación de este enfoque, es indispensable contar con una red densa y confiable de monitoreo continuo de la lluvia. Dada su complejidad, al integrar modelos estadísticos y determinísticos, y por las condiciones biofísicas de la cuenca del río Coyolate, en este análisis no se aplicó este enfoque.

Finalmente, el análisis de crecidas es de aplicación en casos tales como diseño y evaluación de sistemas de alerta temprana, delimitación de áreas de inundación, dimensionamiento de obras de conducción y de protección.

## Conclusiones

1. Las pruebas estadísticas realizadas muestran confiabilidad en las series de tiempo y en los eventos extremos estimados, asociados a diversos períodos de retorno.
2. Las magnitudes estimadas de las crecidas son mayores mediante el análisis regional.
3. Es relevante realizar la evaluación de la red de monitoreo meteorológico e hidrométrico de la cuenca del río Coyolate, con el objeto de aumentar su densidad.

## Recomendaciones

1. Propiciar el monitoreo continuo de las variables hidrometeorológicas en el área de influencia de la cuenca.
2. Realizar la caracterización geomorfológica, climática y biofísica de la cuenca con el fin de aplicar modelación hidrológica avanzada de tipo determinística.
3. Afinar y adaptar criterios para la modelación de hidrogramas a partir de las lluvias de diseño.
4. Validar los resultados obtenidos de la modelación hidrológica.

## Referencias bibliográficas

- Aparicio, F. (2001). *Fundamentos de hidrología de superficie*. México: Limusa.
- Cruz, M. (1999). *Determinación de la tormenta de diseño*. Ingeniería Hidráulica y Ambiental. XXII (2), 27-30.
- Escalante, C., & Reyes, L. (2005). *Técnicas estadísticas en hidrología*. México: Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Ganancias, F. (2009). *Cátedra de hidrología y procesos hidráulicos, clases de estadística hidrológica*. Argentina: (s.e.)
- Hidalgo, H. (2011). *Notas del curso de hidrología estocástica*. Facultad de Ciencias, UCR.
- Hosking, J., & Wallis, J. (2005). *Regional frequency analysis*. Cambridge: Press.

INSIVUMEH. (2005). *Atlas hidrológico*. Guatemala: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

Kite, G. (2004). *Frequency and risk analyses*. Washington: Water Resource Publications.

Nanía, L., & Gómez, M. (2006). *Ingeniería hidrológica*. Granada: Grupo Editorial Universitario.



---

## DISEÑO DEL PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD EN LA INSTALACIÓN DE SERVICIOS ADSL (LÍNEA DE ABONADO DIGITAL ASIMÉTRICA).

---

**Luis Manuel Ramírez Ramirez**

Mtro. en Gestión Industrial  
Luismanuelramirez.90@gmail.com

**Alba Maritza Guerrero Spínola**

Asesora  
Dra. en Ciencias de la administración  
albamgs@gmail.com

### Resumen

El objetivo de la investigación fue diseñar un proceso de control de calidad en las instalaciones de servicios ADSL, (línea de abonado digital asimétrica) debido a que la empresa realiza las instalaciones de servicios enfocándose más en la cantidad que en la calidad. Una de las metodologías utilizadas fueron las encuestas; de un total de 35 encuestados, se evaluó el grado de satisfacción de los clientes, la rapidez de instalación, el funcionamiento de los servicios, la calidad de las instalaciones y el conocimiento del personal técnico. Otra metodología fue la evaluación de los procesos internos, mediante los criterios del modelo EFQM (European Foundation for Quality Management).

La empresa carece de un diseño de control de calidad, realizando instalaciones de servicios ADSL sin contar con normas, índices de medición, certificación de par de cobre, ni con la debida capacitación al personal técnico, fue necesaria la implementación de un modelo de calidad en los procesos de instalación de servicios ADSL.

### Palabras clave

ADSL (Línea de abonado digital asimétrica) EFQM (Fundación Europea para la gestión de la calidad).

### Abstract

*The investigation objective was to design a process of quality control facilities ADSL services (asymmetric digital subscriber line) because the company performs service facilities focusing on quantity than quality. One of the methodologies used were surveys; a total of 35 respondents the degree of customer satisfaction, speed of installation, operation of services, quality of facilities and technical staff knowledge was evaluated. Another approach was the assessment of internal processes by EFQM criteria (European Foundation for Quality Management).*

*The company does not have a quality control design, making facilities ADSL services without standards, measurement indices, certification copper pair, nor properly trained technical personnel and the implementation of a quality model in the processes of installation of ADSL services is necessary.*

### Keywords

*ADSL (asymmetric digital subscriber line) EFQM (European Foundation for Quality Management).*

## Desarrollo del estudio

Las redes telefónicas convencionales fueron diseñadas únicamente para la transmisión de voz, la situación se complicó al iniciarse la utilización de datos. Desde el año 1990, los datos en forma de bits, la voz, imágenes, sonido, video, gráficos en movimiento, comenzaron a compartir un canal que, aunque en principio soportó la señal de voz, con el desarrollo de las telecomunicaciones y el acceso a internet, la red se comienza a saturar por la cantidad de instalaciones que las empresas de telecomunicaciones están realizando para satisfacer la demanda de los usuarios.

La empresa se dedica a la instalación de servicios ADSL a nivel metropolitano en la ciudad de Guatemala, enfocándose en la cantidad y no en la calidad.

El presente trabajo estableció a inicios del año 2012, la situación de los procesos de instalación de servicios ADSL de la empresa con el objeto de diseñar el proceso de control de calidad en la instalación de servicios ADSL. Para ello, se debió investigar cuál es el diseño del proceso de control de calidad que la empresa debe aplicar en la instalación de servicios ADSL.

Se tomó como referencia el modelo de excelencia empresarial EFQM, se definieron y se dieron a conocer los criterios del modelo como el liderazgo, la política y sus estrategias, las alianzas, los recursos, los resultados clave que esperan los clientes, las personas y la sociedad.

La aplicación del método de investigación cualitativa, mediante encuestas, pretende evaluar el nivel de satisfacción de las expectativas del cliente.

Mediante la implementación de un proceso de control de calidad en las instalaciones de servicios ADSL, se mejoró la activación, el funcionamiento, la calidad y el conocimiento del personal técnico, en un 90 %.

La solución ensayada del diseño del proceso de control de calidad incluye un normativo para el proceso de las instalaciones de servicios ADSL, la aplicación de indicadores de medición.

Cómo debió ser el proceso de certificación y el programa de capacitación para el personal técnico.

En el desarrollo de selección de las instalaciones y los procesos a evaluar, se elaboró una base de datos en relación a cuatro áreas de trabajo, las cuales se denominan por cuestiones de estudio: Centro, Don Justo, Lourdes y Vista Hermosa, donde se posee una población de 203 instalaciones realizadas, se determinó que el tamaño de la muestra sería de 35 instalaciones con un nivel de confianza del 90 % y un error máximo de 10 %.

El método utilizado en la evaluación de la satisfacción de los clientes con respecto a la instalación de los servicios ADSL (Línea de abonado digital asimétrica) fueron las encuestas. Se realizaron 35 encuestas, en 4 áreas geográficas de la capital denominadas Centro, Lourdes, Don Justo y Vista Hermosa, se eligieron al azar y el personal técnico de la empresa apoyó para realizar la encuesta de manera personal en los domicilios de los clientes. En la encuesta se buscaba evaluar tres variables principales; la activación del servicio, el funcionamiento, la calidad de instalación y el conocimiento del personal técnico, que conforman el proceso de instalación de los servicios ADSL.

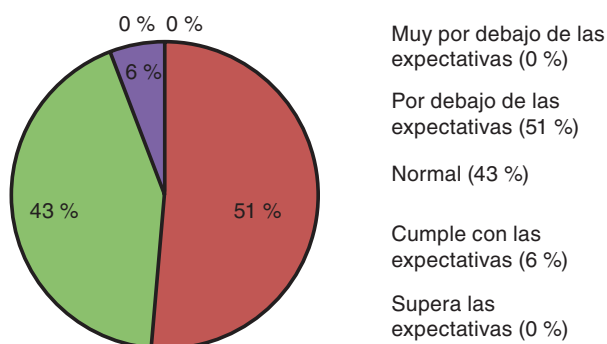
Se analizaron los procedimientos que utiliza la empresa para realizar las instalaciones, se determinó que lo único que realizan es la asignación de las instalaciones al personal técnico por la mañana, al final del día verifican la cantidad de instalaciones realizadas; la manera de instalar no está normada, no posee indicadores, los pares de cobre no son certificados y el personal técnico no recibe capacitación adecuada.

Se analizaron los resultados obtenidos y se hicieron los comentarios y propuestas para la mejora, también se propuso el diseño del control de calidad para las instalaciones de servicios ADSL.

## Resultados obtenidos

Se muestran los resultados más relevantes de cada una de las variables de la encuesta, relacionados con la activación del servicio, funcionamiento, y la calidad.

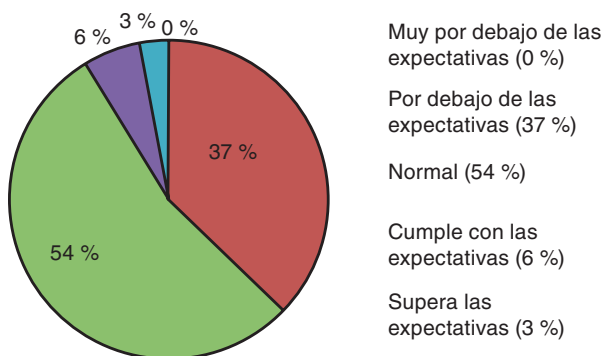
**La empresa lo mantuvo informado de cuándo realizaría la instalación de su servicio de Turbonett ADSL**



*Figura 1.* Apreciación del cliente de la realización de la instalación.

Fuente: elaboración propia.

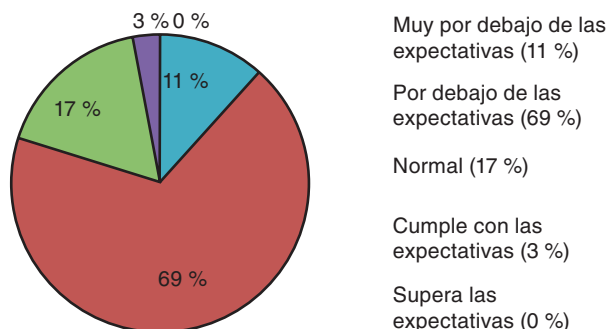
**Cómo calificaría la velocidad en que se puede enviar y recibir información en su servicio Turbonett ADSL**



*Figura 2.* Evaluación del cliente de la velocidad de su servicio ADSL.

Fuente: elaboración propia.

**Cómo evalúa la calidad de los equipos instalados por la empresa en su servicio Turbonett ADSL**



*Figura 3.* Calidad de sus servicios instalados.

Fuente: elaboración propia.

## Discusión de resultados

Los hallazgos reportados en la Figura 1, muestran que el 51 % de los encuestados indicaron que la empresa no lo mantuvo informado de cuándo se realizaría la instalación de su servicio, que está por debajo de sus expectativas, indicando que el proceso no cumple con sus expectativas y se debe revisar los procesos de la coordinación de instalación

Los hallazgos reportados en la Figura 2, muestran que un 37 % de los encuestados opina que la velocidad en que puede enviar y recibir información en su servicio ADSL está por debajo de sus expectativas, se debe revisar el proceso de la configuración de los equipos ADSL.

Los resultados obtenidos en la Figura 3, muestran que un 69 % de los encuestados indica que la calidad de los equipos instalados por la empresa para el servicio de internet no cumple con las expectativas de los clientes, esto indica que el proceso de homologación de los equipos no cumple y se debe revisar, a pesar que un 20 % indicó que cumple con sus expectativas.

Con base en los resultados de la encuesta, se puede determinar que la empresa debe mejorar en los siguientes aspectos: revisar el proceso de asignación y coordinación de rutas de las instalaciones, la certificación de pares, la configuración y homologación de los equipos y la capacitación del personal técnico

**Propuesta de diseño del proceso de control de calidad**

La propuesta incluye un normativo para el proceso de las instalaciones de servicios ADSL, los indicadores de medición, el proceso de certificación y el programa de capacitación. Ver Figura 4.

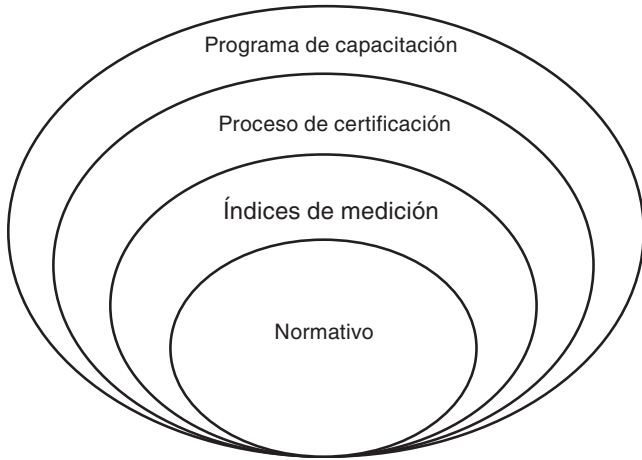


Figura 4. Propuesta del diseño del proceso del control de calidad. Fuente: Elaboración propia

El normativo define procedimientos y normas que la empresa debe aplicar para la realización de las instalaciones de servicios ADSL. Ver Figura 5.

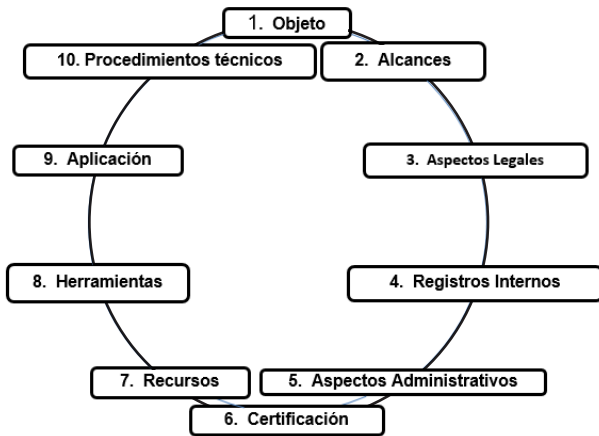


Figura 5. Procedimientos para instalación de ADSL. Fuente: elaboración propia.

El indicador de medición de tiempo tiene como objetivo medir la velocidad con la que se instalan los servicios, éste indica el porcentaje de instalaciones que fueron efectuadas hasta tres días hábiles después que la orden de servicio llegó a etapa de planta. El cálculo de la medición se hace en días hábiles. Ver Tabla I.

Tabla I. *Fórmula de indicadores.*

Tipo de indicador	Servicios	¿Qué mide?
Velocidad de atención	Línea de cobre, turbonett.	La cantidad de instalaciones efectuadas en el tiempo.
<b>Fórmula</b>		
$\frac{\text{Instalaciones 0 + 3 de 30 días}}{\text{Total de instalaciones 30 días}} * 100$		

Fuente: elaboración propia.

El proceso para certificar una red de planta externa propone lo siguiente:

1. El procedimiento de medición de parámetros eléctricos de red de cobre y los valores nominales de funcionamiento. Voltajes AC y DC, aislamiento, resistencia de bucle, longitud de la línea, capacitancia, balance longitudinal, ruido, relación señal a ruido, atenuación.
2. La compra adecuada de los equipos de medición para tecnología ADSL que cumplan con las normas técnicas internacionales.
3. El personal técnico debe estar altamente capacitado en la tecnología y utilización de equipos para la tecnología ADSL. El programa de capacitación para el personal de supervisión y técnicos de instalaciones de servicios ADSL propone el siguiente listado de cursos que debe recibir cada supervisor y técnico. Ver Tabla II.

Tabla II *Programa de capacitación.*

<b>TEMARIO</b>	<b>CURSO</b>	<b>ÁREA</b>	<b>DURACIÓN EN HORAS</b>
<b>Temario 1</b>	Instalación de servicio de turbonett ADSL	Datos	16
<b>Temario 2</b>	Instalación del servicio Tv satelital	Satelital	16
<b>Temario 3</b>	Introducción a networking	Datos	40
<b>Temario 4</b>	Certificación de pares de cobre con equipos de medición	Cables	32
<b>Temario 5</b>	ICON indicador de continuidad o medición	Sistemas	8
<b>Temario 6</b>	Sistema de ordenes de servicio de planta externa	Sistemas	24
<b>Temario 7</b>	Instalación y reparación de líneas de cobre y turbonett ADSL	Sistemas	16
<b>Temario 8</b>	Liderazgo	Administrativo	16
<b>Temario 9</b>	Medición de pares de cobre con equipo de medición	Cables	16
<b>Temario 10</b>	Sistema SAP (sistemas, actividades y procesos)	Sistemas	16
<b>Temario 11</b>	Seguridad vial y manejo defensivo	Seguridad industrial	16
<b>Temario 12</b>	Seguridad e higiene	Seguridad industrial	16
<b>Temario 13</b>	Trabajo en equipo	Administrativo	16
<b>Temario 14</b>	Filosofía del servicio	Administrativo	16

Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

1. La empresa carece de un diseño de control de calidad, teniendo procesos aislados y realizando instalaciones de servicios ADSL, sin tomar en cuenta el entorno, la calidad del cable y el conocimiento del personal técnico que realiza las instalaciones, se enfoca más en la cantidad que en la calidad.
2. Carece de indicadores que demuestren rapidez, cumplimiento, puntualidad y flexibilidad.  
Al momento de realizar una instalación de los servicios ADSL, solo se mide la cantidad de instalaciones que se realizan durante el día, eso se refleja en la percepción del cliente, en la activación del servicio en donde solo el 14 % en promedio de las cuatro preguntas de los encuestados, indicó que cumple con sus expectativas y un 0 % que supera sus expectativas.
3. La empresa carece de un proceso de certificación de pares al momento de realizar la instalación de servicios ADSL. Esto impacta en relación al funcionamiento, la velocidad, el ancho de banda y la continuidad del servicio de Turbonett (ADSL), se puede comprobar cuando se observa que solo el 4 % en promedio de las 4 preguntas de los encuestados, indicó que cumple con sus expectativas y que supera las mismas.
4. La empresa carece de un programa de capacitación para desarrollar al personal de manera profesional tanto en el área técnica como en el área de servicio al cliente, así como en la calidad de la instalación de servicios ADSL. Esto se refleja en que solo un 17 % en promedio de las cuatro preguntas de los encuestados, indicaron que el personal técnico cuenta con calidad y conocimiento en el proceso de las instalaciones de servicios ADSL.
5. La hipótesis planteada sobre la implementación de un proceso de control de calidad en las instalaciones de servicios ADSL mejora la activación, el funcionamiento, la calidad y el conocimiento del personal en un 90 %, si se cumple únicamente con la implementación del proceso de control de calidad en las instalaciones de servicios ADSL.



## Recomendaciones

1. Se sugiere la implementación del diseño de un proceso de control de calidad en la instalación de servicio ADSL, iniciando con:
  - a. La aplicación del normativo de instalaciones.
  - b. Implementación de indicadores de medición.
  - c. El proceso a seguir para certificar un par de cobre para brindar un servicio de ADSL.
  - d. La propuesta de un programa de capacitación.
2. El modelo EFQM en uno de sus criterios indica que las organizaciones actúan de manera más efectiva cuando todas sus actividades interrelacionadas se comprenden y gestionan de manera sistemática, por lo tanto se sugiere la implementación de un normativo para mejorar sus procesos.
3. El modelo EFQM, en uno de sus criterios indica a las organizaciones identificar indicadores para evaluar y controlar el rendimiento de las distintas actividades que se llevan a cabo en la organización, por lo tanto, se propone la implementación de un índice de medición del servicio, con el objetivo de medir el tiempo de instalación y el logro de las metas.
4. Se propone la implementación del proceso a seguir para la certificación de la red de planta externa antes de realizar las instalaciones de ADSL, con ello se logra asegurar la continuidad del servicio, brindar al cliente una velocidad adecuada y su satisfacción.
5. El modelo EFQM indica que uno de sus criterios está relacionado con las personas, de cómo gestiona, desarrolla y aprovecha la organización el conocimiento y todo el potencial de ellas. Se propone la implementación de un programa de capacitación que incluye aspectos técnicos, de manejo e instalación de los equipos, como también las relaciones humanas.
6. Se recomienda involucrar a los líderes de la organización para asegurar que todo lo anteriormente expuesto se desarrolle y se implemente.

## Referencias bibliográficas

- Adarme, J. (2005). *Gestión por procesos, técnicas básicas*. Colombia: Editorial Impresora Feriva.
- Beltrán, J., Carmona, M., Carrasco, R., Rivas, M., & Tejedor, F. (2000). *Guía para una gestión basada en procesos*. España: Instituto Andaluz de Tecnología.
- Maderuelo, J. (2002). *Gestión de la calidad total, el modelo EFQM de excelencia*. Revista de Gestión de calidad. Vol 12, (No 10.), 631-640.
- Polanco, E. (2003). *Diseño de un modelo de medición del nivel de satisfacción del cliente en una empresa de telefonía ISDN*. (Tesis de Ingeniería Mecánica Industrial). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Ramírez, M. (2011). *Consideraciones Técnicas de Redes de Planta Externa de cobre para implementación de Servicios ADSL*. (Tesis de Ingeniería Electrónica) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

---

## CUANTIFICACIÓN DE VINAGRE OBTENIDO DE LA CÁSCARA DE PIÑA POR MEDIO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA Y ACÉTICA, Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD, EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA

---

**Karla Anabella Reyes**

Mtra. en Gestión Industrial  
karlareyes1825@gmail.com

**Mischael Hernández López**

Asesor  
Mtro. en Administración de Calidad  
mischael@gmail.com

### Resumen

Se cuantificó la cantidad de cáscara de piña que se genera como residuo en el proceso de envasado de piña en almíbar; así mismo la cantidad monetaria que esto representa, el impacto que tiene en el proceso, y cómo aumenta la productividad al fabricar vinagre de dicha cáscara. Durante la investigación bibliográfica, se pudo evidenciar que dichos residuos poseen una cantidad grande de nutrientes, por lo que al final de la investigación y como parte de las recomendaciones, se enumera el uso de dichos residuos para alimento de animales, mermeladas, biocombustibles, jugos, entre otros. Cabe destacar que residuo se refiere a la parte que aún puede ser aprovechable para un subproducto, mientras que desecho se refiere a la parte que ya no tiene utilidad.

Se realizaron cuatro ensayos en los cuales se obtuvieron diferentes eficiencias de procesos de fermentación, lo que se ve representado en los litros de vinagre que pueden ser obtenidos y con ello aumentar la productividad de la empresa.

### Palabras clave

Fermentación, residuo, desecho, contaminación, cáscara de piña, productividad.

### Abstract

*The amount of pineapple shell that is generated as waste in the packaging process of pineapple in syrup was quantified, also the monetary amount it represents, the impact it has in the process, and how to increase productivity by making vinegar from such shell. During the bibliographic research, it was evident that the waste has a large amount of nutrients, so that at the end of the investigation and as part of the recommendations the use of the residue for animal feed, jams, biofuels, juices, among others. It is important to notice that the residue refers to the part that can still be profitable for a product, while waste refers to the part that is no longer useful.*

*Four trials were conducted, in which different fermentation process efficiencies were obtained, which is represented in liters of vinegar that can be useful. And thereby increase the productivity of the company. Generating new production lines for new customers, including their own processes where vinegar is used directly or marketing it as a finished product.*

### Keywords

*Fermentation residue, waste, pollution, pineapple shell, productivity.*

## Desarrollo del estudio

Dentro de la investigación se pueden visualizar una variedad de líneas de investigación, que los temas actuales medioambientales demandan, y su relación con la mitigación de los impactos ambientales; por ello se hace necesario la reutilización de los residuos, cobra importancia poder aportar una idea de ello.

Realizando una análisis de Pareto (Figura 1), se indican cuáles son las fases del proceso de envasado de piña en almíbar, que más generan residuo.

La investigación fue desarrollada en fases:

- Búsqueda de información
- Visita de campo
- Recolección de cáscara de piña

- Inicio de fase fermentación alcohólica
- Inicio de fase fermentación acética
- Recolección de datos
- Análisis de datos
- Presentación de resultados

Esto permitió obtener los resultados propuestos, de una manera ordenada y consistente.

## Resultados obtenidos

En la Figura 1, se presenta el proceso de envasado de piña en almíbar, donde puede observarse el proceso desde la recepción de la piña, selección por control de calidad, pelado, corte, envasado en el almíbar, sellado del envase y su etiquetado.

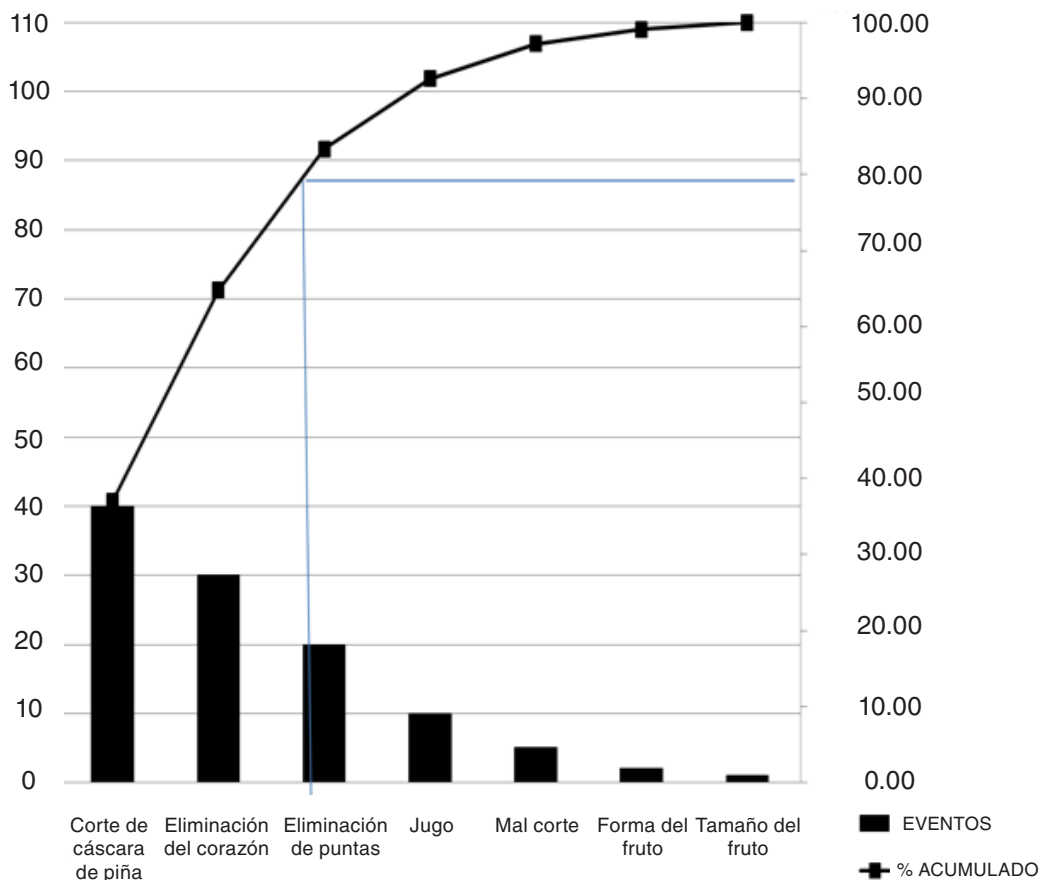


Figura 1. Gráfico de Pareto – Envasado de piña en almíbar.

Fuente: elaboración propia.



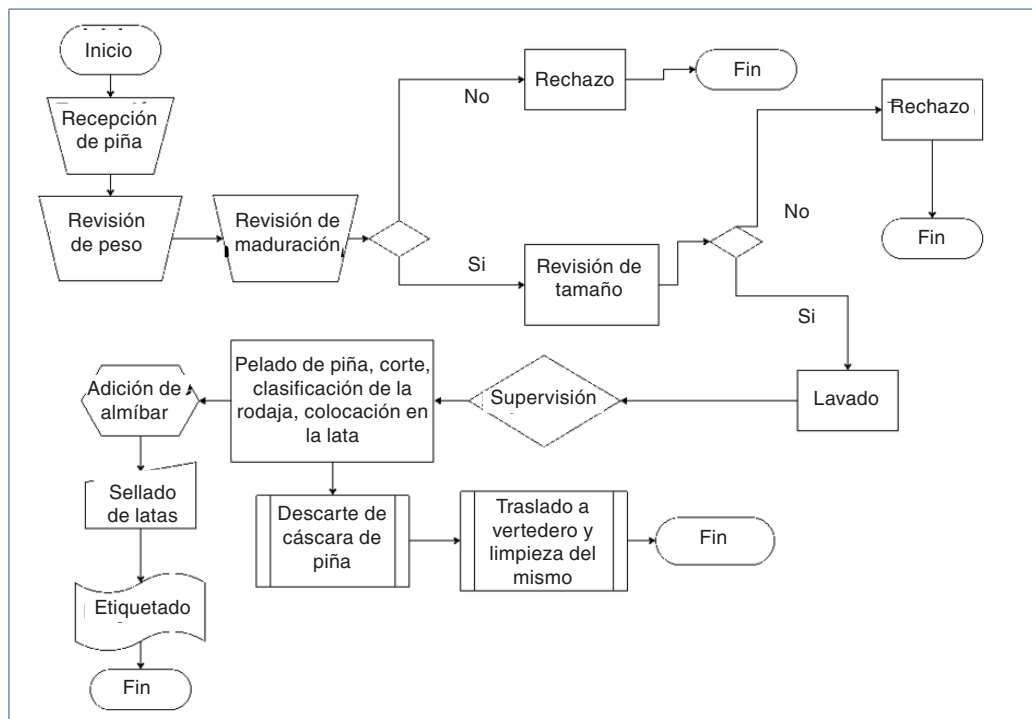


Figura 2. Envasado de piña en almíbar.

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla I, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos realizados, se puede observar que el proceso fue en aumento de acuerdo a la cantidad de piñas ingresadas y las horas laboradas, lo que significa que el proceso fue más productivo.

Tabla I. Rendimiento de proceso productivo.

	Ago. 2014	Sep. 2014	Oct. 2014	Nov. 2014
Kilos de piña ingresados	17,339	30,297	39,278	40,781
Kilos de piña envasados	4,946	8,184	11,175	12,448
Kilos de piña convertidos en residuo	12,392	22,113	28,103	28,333
Kilos de cáscara de piña	4,461.12	7,960.68	10,117.08	10,199.88
<b>% de rendimiento</b>	<b>28.53</b>	<b>27.01</b>	<b>28.45</b>	<b>30.52</b>
<b>% de desperdicio</b>	<b>71.47</b>	<b>72.09</b>	<b>71.55</b>	<b>69.48</b>
Horas hombre trabajadas	60	60	60	60

Fuente: elaboración propia.

Los datos de la Tabla I, se representan a continuación:

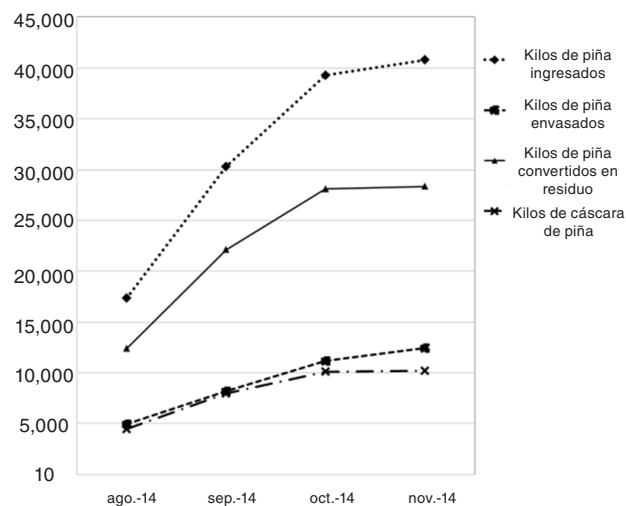


Figura 3. Rendimiento del envasado de piña.

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla II, se enlistan los litros de vinagre obtenidos en cada una de las diferentes experimentaciones, las cuales variaron 25 y 40 litros, con eficiencias entre 50 % y 80 % respectivamente; con ello se verifica que al fermentar la cáscara de piña, se obtiene vinagre como subproducto, el cual representa un incremento en productividad para la empresa, al aprovechar el residuo generado de su proceso y obtener un nuevo producto para comercializar.

Tabla II. Litros de vinagre obtenido.

	Prueba Nro. 1	Prueba Nro. 2	Prueba Nro. 3	Prueba Nro.4
Cáscara de piña Kg. (cantidad fija)	50	50	50	50
Rendimiento obtenido (%)	50	55	75	80
Litros de vinagre obtenidos	25	27.5	37.5	40

Fuente: elaboración propia.

Como se enunció al principio, se realizó en una primera etapa fermentación alcohólica, en donde se colocaron las cáscaras de piña en pequeños trozos, se le adicionó azúcar blanca para nivelación óptima de °Brix y levadura, se colocaron los fermentadores respectivos en la obscuridad y libres de oxígeno. Cuando ya no se observó generación de dióxido de carbono, se procedió a filtrar, obteniendo la parte alcohólica que fue colocada en otro fermentador con bacteria acética en presencia de oxígeno, para obtención de vinagre.

Ambos procedimientos se esquematizan a continuación:

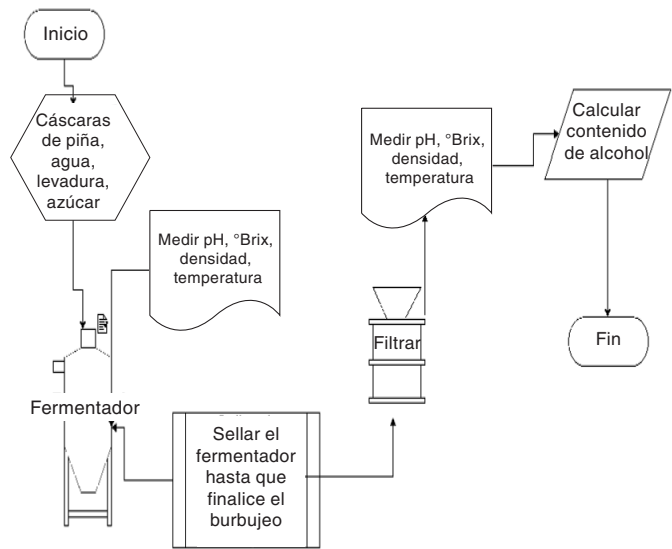


Figura 4. Proceso de fermentación alcohólica.

Fuente: elaboración propia

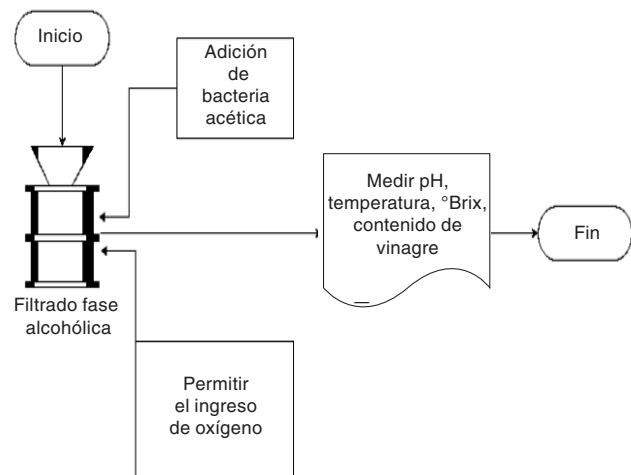


Figura 5. Proceso de fermentación acética.

Fuente: elaboración propia.

## Discusión de resultados

La piña que se utiliza en el proceso pertenece a la clase denominada Cayena Lisa, la cual proviene de la región del Jocotillo, municipio de Villa Canales, Guatemala. Por lo que los resultados si se utilizase otra variedad pudieran ser diferentes, así como las condiciones a las cuales se trabajó.

Los resultados obtenidos del contenido en porcentaje de vinagre, se presentan a continuación:

Tabla III. *Contenido de vinagre en (%)*

Nro. de prueba	Contenido de vinagre (%)
1	5.32
2	5.28
3	5.26
4	5.30

Fuente: elaboración propia.

Con ello se determina que sí es viable la obtención de vinagre, siendo uno de los principales objetivos de la investigación. Los valores para consumo humano no deben sobrepasar el 6 %, de acuerdo a la Norma COGUANOR 34185.

Un análisis de costos, permite visualizar cómo la empresa en el mediano plazo, puede incrementar su productividad, aprovechando los residuos.

En aproximadamente 1.5 años, se puede recuperar la inversión de equipo, nuevos mercados, mayor penetración de productos, diferentes sectores atendidos y con ello retorno de la inversión y aumento de la productividad.

Tabla IV. *Integración de costos.*

	Agosto 2014	Septiembre 2014	Octubre 2014	Noviembre 2014
INVERSIÓN INICIAL DE EQUIPAMIENTO	300,000.00			
LOTE (KILOS)	1200	24784	44226	56206
KILOS DE CÁSCARA	216	4,461.12	7,960.68	10,117.08
CONTENIDO TOTAL BOTELLAS	1 litro 600	1 litro 12,392	1 litro 24,324	1 litro 42,155
MATERIAS PRIMAS	3,615.55	74,673.16	146,576.20	254,019.50
MATERIAL DE EMPAQUE	4,239.52	87,560.12	171,872.06	297,857.73
ENERGÍA ELÉCTRICA	246.85	5,098.28	8,000.00	8,500.00
MANO DE OBRA	1,764.71	1,764.71	3,529.43	3,529.43
COSTO DEL BATCH	9,866.63	169,096.27	329,977.69	563,906.66
COSTO POR UNIDAD	8.2	8.2	8.2	8.2
<b>PRECIO DE VENTA</b>	<b>15.00</b>	<b>15.00</b>	<b>15.00</b>	<b>15.00</b>
TOTAL DE VENTAS	9,000.00	185,880.00	364,864.50	632,317.50
<b>RETORNO DE INVERSIÓN POR LOTE</b>	<b>866.63</b>	<b>16,783.73</b>	<b>34,886.81</b>	<b>68,410.84</b>
<b>TODOS LOS VALORES EN QUETZALES</b>				
EL RETORNO DE INVERSIÓN		1.55 años		

Fuente: elaboración propia.

Un aspecto importante que se visualiza en la investigación es que a nivel mundial la generación de residuos es muy alta y los impactos ambientales van en aumento; por lo que hay que ocuparse de ellos de una manera sostenible, intentando minimizar al máximo los impactos a la vez que se provee al consumidor de productos naturales que a largo plazo pueden influir en una vida más sana. El vinagre obtenido es natural y aporta grandes beneficios a la salud de las personas que lo ingieran.

### Conclusiones

1. Mediante la aplicación de los métodos de fermentación alcohólica y acética a la cáscara de piña, se obtiene vinagre; apto para consumo humano, conservas y uso industrial.
2. Se cuantificó que la cantidad de residuo que se genera del proceso de envasado de piña en almíbar, corresponde al 73 %, compuesto por: cáscara de piña (37 %), jugo, bagazo, corazón.
3. De las cantidad de desecho obtenido en las cuatro producciones analizadas, se determinó que la empresa puede obtener 124,000 unidades de un litro con contenido de vinagre del 5.28 %, representando Q.1,866.000.00 con una ganancia inicial del 30 %, equivalente a Q560,000.00, con ello estaría aumentando su productividad.

### Recomendaciones

1. Se aconseja realizar más investigación con este tipo de residuos, variando los parámetros de: pH, grados Brix, gramos de *Saccharomyces cerevisiae*, gramos de bacteria acética, temperatura de experimentación; en ambas fermentaciones para obtención de mayores y mejores cantidades y calidades de vinagre.
2. Los residuos que al momento totalizan 73 %, deben ser utilizados en otras líneas de investigación, de acuerdo a la literatura existente; los mismos pueden ser utilizados para alimento de ganado, jugo de piña, mermeladas, té, entre otros.

3. Realizar el estudio de construcción de la planta de fermentación, logrando eficientar el proceso a un 80 % o más, para obtener el mayor rendimiento de litros de vinagre.
4. Realizar estudio de mercado a nivel nacional y extranjero, en lo referente al consumo de vinagres naturales e introducir y posicionar el vinagre de piña.

### Referencias bibliográficas

- Montilla, I. (1997). *El cultivo de la piña en Venezuela*. Maracay, Venezuela: IICA.
- Guido, M. et al. (1983). *Guía técnica para el cultivo de la piña*. Nicaragua : IICA.
- Rodríguez, C. & Sarabia, C. (2012). *Efecto del método de fermentación acética en las características físico – químicas y sensoriales en vinagre de naranja agria (Citrus x aurantium) y piña (Ananascomosus)*. Honduras: Universidad Zamorano.

---

## DESARROLLO DE UN MODELO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL BASADO EN EL INFORME 32 DE LA OMS, PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LOS PROCESOS ANALÍTICOS EN EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD, EN UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA

---

**Carlos Humberto Ajú Pérez**

Mtro. en Gestión Industrial  
chumbertoajuperez@gmail.com

**Mirna Carolina Anderson Cordero**

Asesora  
Mtra. en Administración Industrial  
y Empresas de Servicio  
carolandersonc@gmail.com

### Resumen

La importancia de implementar un modelo de seguridad industrial basado en el informe-32 OMS para mejorar la calidad de los procesos analíticos en el laboratorio de control de calidad en la industria farmacéutica, radica en su fecha de aplicación.

La identificación de los puntos de seguridad industrial se realizó en el análisis de brechas, seguidamente se procedió a desvanecer las “no” conformidades según prioridad del Informe 32 de la OMS.

La herramienta de Calidad se utilizó en el diagrama de relaciones, donde se determinaron las causas y efectos de la situación del laboratorio. Procediendo a la actualización e implementación de procedimientos estándares para el manejo de reactivos químicos, se separó la sección de análisis instrumental de productos betalactámicos y no betalactámico, se estableció un sistema de clasificación de los reactivos químicos de acuerdo a sus propiedades físico-químicas, se estableció un método para la recolección y disposición final de los residuos químicos.

Las modificaciones en las instalaciones de la sección de análisis físico-químico, incluyen la compra de equipo de protección individual y colectiva, implementando el uso obligatorio de los equipos de seguridad industrial individual.

### Palabras clave

Diseño, modelo, informe 32, seguridad industrial.

### Abstract

*The importance of implementing a model of industrial safety based on the Report-32 WHO to improve the quality of the analytical processes in the laboratory of quality control in the pharmaceutical industry lies in its implementation date.*

*The identification of industrial safety items it was made an analysis of the gaps, and then the nonconformities were dissipated according priority in the Report 32 of WHO.*

*The quality tool it was used in the relations diagram, where the causes were identified and effects of the situation of the laboratory. The updating and implementation of standard procedures for handling chemical reagents was made. The section of instrumental analysis of betalactamic and not betalactamic products was separated and it was established a system of classification of chemical reagents according to their physicochemical properties, and then, a method for collecting and disposing chemical waste was established.*

*The modifications were carried out in the facilities of the physico-chemical analysis section. Equipment for individual and collective protection was purchased and the use of the equipment of industrial safety individual implemented as mandatory.*

### Keywords

*Design, Model, Report 32, Industrial Safety.*

## Desarrollo del estudio

Con la obligatoriedad del cumplimiento del Informe 32 de la OMS para la industria farmacéutica nacional, resulta necesario enfocar el trabajo de investigación en el desarrollo de un modelo de seguridad industrial para mejorar los procesos analíticos al reducir o evitar accidentes en el laboratorio de control de calidad.

Al no tener desarrollado el modelo de seguridad industrial basado en el Informe 32 de la OMS, se tiene una probabilidad alta que ocurran accidentes, debido a la manipulación inapropiada de los residuos químicos utilizados en la identificación y cuantificación de los principios activos de los medicamentos.

La falta de capacitación del personal del laboratorio e implementación de métodos de recolección de los residuos químicos, conlleva al desecho y almacenamiento inapropiado, presentando un peligro para la integridad física del personal y de las instalaciones del laboratorio.

Para el desarrollo del modelo de seguridad industrial basado en el Informe 32 OMS, se utilizaron herramientas de calidad; entre las cuales se encuentran el análisis de brechas y el diagrama de relaciones. Las herramientas facilitaron la identificación y el desvanecimiento de las no conformidades según los criterios de seguridad industrial del Informe 32 de la OMS.

Como parte del trabajo, se implementó la metodología para la recolección y eliminación de los residuos químicos, se establecieron medidas de seguridad industrial en caso de algún accidente con algún reactivo químico y se estableció una programación de capacitación continua al personal del laboratorio.

De acuerdo al análisis de brecha realizado en la transición del informe 75 al informe 32 en cuanto a los puntos de seguridad industrial en la sección de análisis fisicoquímico del laboratorio de control

de calidad, se realizó una clasificación de todos los reactivos químicos que ingresan al laboratorio. La clasificación se realizó formando grupos de acuerdo a sus propiedades químicas como la acidez, basicidad, reactividad e inflamabilidad; y sus propiedades físicas, como el estado físico (sólido, líquido o gas), solubilidad y volatilidad. Se implementó un sistema Kardex para el control y garantía de todos los reactivos químicos.

Se logró la gestión de la cadena de suministro al considerar el proceso de toma de decisiones en la compra de los insumos y reactivos químicos, la selección de proveedores, los indicadores de desempeño, entre otros.

Se estableció un programa permanente y continuo de capacitación que, según el trabajo investigación de Cazzoli (2001) considera que: “es clave la capacitación eficaz de los que trabajan en el laboratorio, la vigilancia apropiada de equipos, la identificación de las áreas y la inclusión de consideraciones de seguridad en el diseño de las instalaciones”, p. 9.

En cuanto al almacenaje de los reactivos químicos y los respectivos residuos o sustancias químicas peligrosas y no peligrosas, se estableció una clasificación según su compatibilidad de acuerdo a sus propiedades fisicoquímicas, se realizó la clasificación de los reactivos y residuos químicos más comunes en control de calidad, siendo los grupos siguientes: solventes orgánicos con y sin halógenos, sólidos orgánicos, soluciones de sales inorgánicas y orgánicas pesadas y no pesadas, compuestos inorgánicos sólidos, ácidos orgánicos e inorgánicos solubles en agua, bases orgánicas e inorgánicas solubles en agua y el grupo de los halógenos (identificación de nueve grupos clasificados desde la letra A a la letra I).

Se estableció una guía de colores de identificación para cada grupo. Esta clasificación se trabajó de acuerdo a la propuesta de Lemus, J. (2003, p. 41).



Tabla I. *Colores propuestos para etiquetas que identifiquen recipientes y contenedores de residuos químicos.*

Tipo de residuo	Grupo	Color de etiqueta
Solventes orgánicos con halógeno	A	Naranja
Solventes orgánicos sin halógeno	B	Verde
Sólidos orgánicos	C	Azul
Soluciones de sales no pesadas	D	Rojo
Soluciones de sales pesadas	E	Gris
Metales, compuestos inorgánicos, sólidos y sales insolubles en agua	F	Amarillo
Ácidos orgánicos e inorgánicos solubles en agua	G	Blanco
Bases orgánicas e inorgánicas solubles en agua	H	Lila
Metales alcalinos y alcalinotérreos	I	Marrón

Fuente: Lemus, J., 2003, p. 41.

Entre las remodelaciones y construcciones realizadas en las instalaciones de la sección de análisis fisicoquímico de control de calidad, se construyó la sección de análisis fisicoquímicos de productos betalactámicos (cefalosporinas y penicilinas), cumpliendo con los requisitos de las instalaciones según el informe 32.

También se estableció una sección dentro del área de control de calidad un espacio físico exclusivo para todos los equipos de seguridad industrial colectiva e individual (campana de extracción, ducha, lavajos, neutralizantes, extintores, lentes de seguridad industrial, guantes, mascarillas, entre otros).

Se establecieron procedimientos e instrucciones de trabajo para el uso correcto de cada equipo de seguridad industrial.



Figura 1. Construcción de ducha de seguridad cumpliendo con requisitos del Informe 32. Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la disposición final de los residuos químicos, se contrató los servicios de una empresa externa guatemalteca para la eliminación y destrucción de los residuos químicos de la sección de análisis fisicoquímicos del laboratorio de control de calidad.

### Resultados obtenidos

En el trabajo de investigación se obtuvo como resultado el modelo gráfico de seguridad industrial, cuyo fin es cumplir con los puntos de seguridad industrial según el Informe 32 de la OMS; mejorando de esta manera los procesos analíticos en el área de control de calidad, en una industria farmacéutica nacional. La figura 2 describe el desarrollo del modelo.

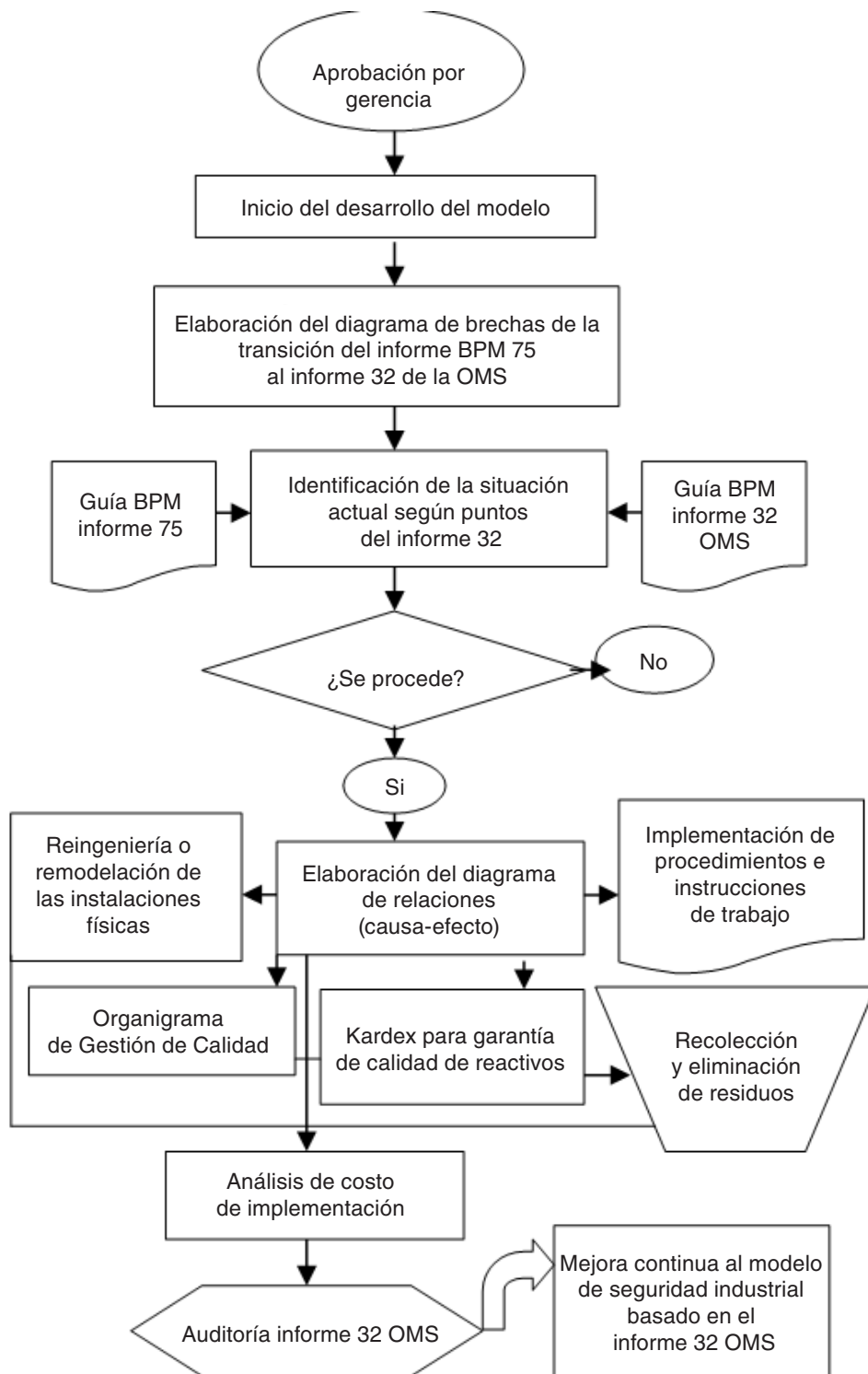


Figura 2. Modelo gráfico de seguridad industrial basado en el Informe 32 de la OMS.  
Fuente: elaboración propia.



## Discusión de resultados

Con el desarrollo del modelo gráfico de seguridad industrial basado en el Informe 32 de la OMS, se establece la mejora de los procesos analíticos en el laboratorio de control de calidad, debido a la implementación de procedimientos e instrucciones de trabajo que controlan la recepción y garantía de los reactivos químicos, la preparación y conservación de todos los reactivos, el mantenimiento y control de los equipos de protección colectiva e individual y la metodología establecida para la eliminación y destrucción de los residuos químicos.

Como punto de partida de la investigación se realizó la elaboración del análisis de brechas de la transición del Informe BPM 75 al Informe 32 de la OMS, se identificaron los criterios considerados como críticos, mayores, menores e informativos; siendo un total de diecinueve no conformidades.

Para el desvanecimiento de las no conformidades, se realizó la elaboración del diagrama de relaciones para identificar las causas que afectan negativamente el desarrollo del modelo. Entre los resultados relevantes tenemos los siguientes puntos:

### a.) Instalaciones

El informe 32 de la OMS considera el papel del jefe del laboratorio de control de calidad la vigilancia y mantenimiento de las instalaciones y equipos de seguridad industrial.

Considerando el punto del informe 32, hubo necesidad de realizar una reingeniería en las instalaciones de control de calidad (elaboración de curvas sanitarias, construcción de ducha de seguridad, implementación de sistema de aire, bases sólidas para todos los equipos), también se construyó una sección de análisis fisicoquímico de productos betalactámicos (elimina el cuestionamiento de mezclas de trazas de penicilinas en el ambiente por parte de las autoridades sanitarias del país).

El impacto de la implementación se refleja en el cumplimiento de las buenas prácticas de laboratorio y de las normas de seguridad industrial.

### b.) Elaboración de procedimientos estándares de operación e instrucciones de trabajo

Para mitigar accidentes en el área de control de calidad se establecieron procedimientos e instrucciones de trabajo, ya que es necesaria la capacitación continua y la disponibilidad de los documentos al personal. El listado de los documentos elaborados se describe en la Tabla II.

Tabla II. *Lista de procedimientos estándares de operación e instrucciones de trabajo actualizados e implementados en el laboratorio de control de calidad.*

Nro.	Título de la instrucción de trabajo
1	Control de temperatura y humedad relativa en el área de control y calidad.
2	Preparación y conservación de reactivos, indicadores, soluciones y fases móviles preparadas en control de calidad.
3	Seguridad e higiene en el área de control de calidad.
4	Recepción, almacenamiento y garantía de reactivos e insumos para análisis fisicoquímicos en el área de control de calidad.
5	Operación, mantenimiento, limpieza y control de uso diario de la campana de extracción de gases.
6	Manejo, eliminación y destrucción de reactivos y residuos químicos en el área de control de calidad del laboratorio.

Fuente: elaboración propia.

El impacto de la implementación de las instrucciones de trabajo en el laboratorio, es garantizar las operaciones de trabajo y la identificación de riesgos de cada residuo químico, según clasificación establecida.

### c.) Método de recolección de los residuos químicos del laboratorio de control de calidad

De acuerdo a la investigación y según el listado de los reactivos químicos más utilizados en control de calidad, se estableció la clasificación de los residuos químicos según sus propiedades fisicoquímicas. La Tabla 1 describe el listado, el grupo y el color de la etiqueta de identificación de los residuos químicos más comunes en control de calidad.

La carencia de una bodega exclusiva para los residuos químicos presentaba un riesgo para el personal y las instalaciones físicas del laboratorio, por lo que hubo necesidad de construir una bodega en la parte externa del laboratorio; el diseño se realizó con base en la peligrosidad de los residuos químicos y la bodega se construyó con las siguientes características: área total de 32 m<sup>2</sup>, dividido en cuatro zonas destinadas a productos inflamables (8 m<sup>2</sup>), otros productos (8 m<sup>2</sup>), residuos corrosivos (8 m<sup>2</sup>), residuos sólidos y líquidos (8 m<sup>2</sup>). Cabe resaltar que la construcción cumple con las condiciones siguientes: proximidad a los principales usuarios, fácil acceso, impacto ambiental y visual casi nulos. Para garantizar la destrucción de los residuos se hizo contrato con dos empresas externas.

El desvanecimiento de todos los puntos identificados en el análisis de brechas, contribuyó a la certificación de la empresa con el Informe 32 de la OMS, siendo el séptimo laboratorio a nivel nacional en hacerlo.

## Conclusiones

1. El desarrollo del modelo gráfico de seguridad industrial basado en el Informe 32 de la OMS ayuda a mejorar los procesos analíticos en el área de control de calidad, los accidentes se mitigan al establecer procedimientos e instrucciones de trabajo que permiten tener puntos de control en la recepción y garantía de los reactivos químicos, la preparación y conservación de todos los reactivos, el mantenimiento y control de los equipos de protección colectiva, la eliminación y destrucción de los residuos químicos.
2. Por medio del análisis de brechas de la transición del Informe BPM 75 al Informe 32 de la OMS se realizó el diagnóstico de la situación inicial del área de control de calidad con respecto a los puntos de seguridad industrial; se lograron identificar y desvanecer diecinueve no conformidades relacionados con puntos de seguridad industrial, según criterios del Informe 32 OMS. El desvanecimiento de los puntos identificados corresponde a tres puntos críticos (3/3, 16 %), trece puntos mayores identificados (13/13, 68 %) y tres puntos informativos (3/3, 16 %).
3. Por medio de la implementación de la instrucción de trabajo titulado Manejo, eliminación y destrucción de reactivos y residuos químicos en el área de control de calidad, se estableció una clasificación basada en las propiedades físicas y químicas de cada reactivo químico; también se estableció un método eficiente para la recolección de residuos químicos peligrosos y no peligrosos, garantizando la eliminación segura de cada uno de ellos.
4. La estructuración del diagrama de relaciones establece que la falta de procedimientos estándares de operación relacionados con seguridad industrial, falta de un método eficiente para la recolección de residuos químicos, falta de capacitación del personal, falta de indicaciones en caso de accidentes, metodologías analíticas desactualizadas y la falta de equipos de seguridad colectiva e individual como mantas contrafuegos, mascarillas con filtro de carbón, polvos absorbentes, neutralizadores de residuos químicos y guantes de nitrilo, son las causas principales que afectan negativamente el modelo de seguridad industrial basado en el Informe 32 de la OMS.
5. Como garantía de calidad en la disposición final de los residuos químicos, se implementaron instrucciones de trabajo, logrando la identificación y clasificación de los desechos químicos que a continuación se mencionan; solventes orgánicos con y sin halógenos, sólidos orgánicos, soluciones de sales inorgánicas y orgánicas pesadas y no pesadas, compuestos inorgánicos sólidos, ácidos orgánicos e inorgánicos solubles en agua, bases orgánicas e inorgánicas solubles en agua y el grupo de los halógenos. Se estableció una guía de colores para la recolección de cada grupo identificado y se contrató servicio externo para la destrucción final de los residuos químicos.

## Recomendaciones

1. Actualizar periódicamente los procedimientos e instrucciones de trabajo en cuanto a las prácticas seguras en el laboratorio de control de calidad. Realizar una mejora continua, a manera de cumplir siempre con las exigencias de las autoridades sanitarias.
2. El informe 32 de la OMS no establece la forma de cómo se debe establecer la estructura del organigrama del área de control de calidad, se recomienda que debe ser lo más completo posible con el fin de establecer un flujo de información y que pueda ser útil para buscar una certificación, como por ejemplo una ISO 9001.
3. Se recomienda utilizar el diagrama de Pareto e Ishikawa como herramientas de calidad para la identificación de las no conformidades de los puntos de seguridad industrial según la guía del Informe 32 de OMS.
4. Se deberá garantizar la eliminación y destrucción de los residuos químicos por medio de videos y certificados de destrucción de parte del laboratorio externo contratado, esto se utilizará como evidencia ante las autoridades sanitarias y ambientalistas del país.

## Referencias bibliográficas

- Carrera, G., Farrás R. & Solá, G. (1998). *Prevención del riesgo en el laboratorio, elementos de actuación y protecciones en caso de emergencia*. España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Cazzoli, A. (2001). *Prácticas seguras en el laboratorio químico*. Argentina: Universidad Tecnológico Nacional, Facultad Regional Rosario.
- Fermet E. , Gallacher M., León E., Serrano E., & Brito, A. (2010). *Informe del análisis de brechas PVS*. Costa Rica: Organización Mundial de la Sanidad Animal

*seguridad y fuentes lavaojos: ubicación y utilización*. Recuperado el 16 de enero 2012 de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/FichasNotasPracticas/Ficheros/np\\_enot\\_62.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/FichasNotasPracticas/Ficheros/np_enot_62.pdf)

Lemus, J. (2003). *Optimización del manejo de residuos químicos de los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. (Tesis de Ingeniero Químico). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2000). *Notas prácticas. Duchas de*

---

## MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS PROFESIONALES DE INGENIERÍA, ANALIZANDO LOS PROCESOS A TRAVÉS DE LA GESTIÓN DE PROCESOS DE NEGOCIO

---

**Jeremías Ezequiel Morales García**

Mtro. en Gestión Industrial  
jere.moralesgarcia@gmail.com

**Silverio Michael Menchú Tzoc**

Asesor  
Mtro. en Administración Financiera  
menchumicha@gmail.com

### Resumen

Entre las empresas de servicios, es importante resaltar la asistencia profesional, como son los procesos de servicios de ingeniería, los cuales requieren de análisis integrales para mejorar su comprensión y productividad por medio de sus procedimientos.

La mejora está encaminada a la productividad, mediante el estudio de los procesos de ingeniería en una empresa; utilizando la Gestión de Procesos de Negocio (GPN). El análisis permitió la eliminación de un total de 37 fallas y 146 horas de retraso, que provocaban pérdidas económicas en topografía, planificación de obras civiles, ejecución de obras civiles menores e instalaciones eléctricas. Los resultados anteriores son productos de la sistematización de los procesos y planos de servicio obtenidos de la aplicación de GPN a los procedimientos de ingeniería.

### Palabras clave

Procesos de ingeniería, gestión de procesos de negocio, planos de servicio.

### Abstract

*Among utilities, it is important to highlight the professional assistance, such as engineering processes, which require comprehensive analysis to improve their understanding and productivity through improved procedures.*

*The improvement is aimed at productivity, through the study of engineering processes in a company; using business process management -BPM-. The analysis allowed the removal of a total of 37 failures, 146 hours late, which caused economic losses in surveying, civil works planning, execution minor civil works and electrical installations. The above results are results of the systematization of processes and service levels resulting from the application of -BPM- engineering procedures.*

### Keywords

*Engineering processes, business process management, service flats.*

## Desarrollo del estudio

La investigación se concentra en la mejora de la productividad, por medio del enfoque en sus procesos de servicio de una empresa de ingeniería. Según Krajewski, Ritzman y Malhotra (2008), “la razón es que una visión de los procesos ofrece una imagen más precisa de cómo la empresa funciona en realidad”, p. 5.

El objetivo radica en mejorar la productividad, por medio de la GPN; utilizando las herramientas: matriz de contacto con el cliente, matriz para el diseño de un sistema de servicios, diagrama de análisis de procesos y plano de servicios con protección contra fallas, para brindar un mejor resultado en el desarrollo de los procedimientos de servicios de ingeniería.

## Resultados obtenidos

El estudio comenzó utilizando la matriz de contacto con el cliente, para identificar la estructura y complejidad de los servicios de ingeniería, que según el grado de contacto con el cliente, éste puede ser: alto, moderado y muy bajo; denominándolos estructura de mostrador, oficina híbrida y trastienda respectivamente (Tabla I).

Tabla I. *Estructura de los servicios.*

Nro.	Servicio	Estructura del servicio			Observación
		Mostrador	Oficina híbrida	Trastienda	
1.	Guía BPM informe 75		Aplica		Proceso de campo
				Aplica	Proceso de gabinete
2.	Guía BPM informe 75	Aplica			Proceso de alcance de la planificación con el cliente
				Aplica	Proceso de gabinete
3.	Guía BPM informe 75	Aplica			Proceso de alcance de la instalación con el cliente
				Aplica	Proceso de conexión de los circuitos eléctricos
4.	Guía BPM informe 75			Aplica	Proceso de ejecución de la obra

Fuente: elaboración propia.

La aplicación de la matriz para el diseño de un sistema de servicios, se tomó en cuenta elementos importantes como la mano de obra, el enfoque de las operaciones, entre otros aspectos de los servicios; denominándolos condiciones operativas (Tabla II).

Tabla II. *Análisis de la matriz para diseño de un sistema de servicios.*

	1.	2.	3.	4.
<b>Servicio</b>	Topografía	Planificación de obras civiles	Instalaciones eléctricas	Proceso de ejecución de obras civiles menores
<b>Requerimiento de mano de obra</b>	Habilidades verbales y para procedimiento	Habilidades gremiales y de diagnóstico	Habilidades gremiales y de diagnóstico	Habilidades de oficina y de apoyo
	Habilidades de oficina y de apoyo	Habilidades de oficina y de apoyo	Habilidades de oficina y de apoyo	
<b>Enfoque de operaciones</b>	Guión de llamadas y control de flujo	Administración de capacidad y mezcla de clientes	Administración de capacidad y mezcla de clientes	Trámites, administración de demanda
	Trámites, administración de demanda	Trámites, administración de demanda	Trámites, administración de demanda	
<b>Innovación tecnológica</b>	Base de datos de computadores, auxiliares electrónicos	Autoservicio, equipo, cliente/trabajador	Autoservicio, equipo, cliente/trabajador	Automatización de la oficina y métodos de ruta
	Automatización de la oficina y métodos de ruta	Automatización de la oficina y métodos de ruta	Automatización de la oficina y métodos de ruta	
<b>Oportunidad de vender otros servicios</b>	Media	Elevada	Elevada	Baja
<b>Eficiencia de producción</b>	Baja	Baja	Baja	Baja
	Media	Bajo	Bajo	Elevada
<b>Observación</b>	Elevada	Elevada	Elevada	Elevada
	Proceso de campo, las oportunidades de venta y eficiencia según la matriz para el diseño de un sistema de servicios	Proceso de alcance de la planificación con el cliente	Proceso de alcance de la instalación con el cliente	Proceso de ejecución de la obra
	Proceso de gabinete	Proceso de gabinete	Proceso de conexión de los circuitos electrónicos	

Fuente: elaboración propia.



Como penúltimo paso del estudio, se registró y ordenó los puntos de mejora basándose en el diagrama de análisis de procesos y finalmente, la creación y utilización de los planos de servicio como una herramienta para los procedimientos de ingeniería, con base en los instrumentos mencionados para desarrollar la GPN y propiamente las directrices-teóricas de planos de servicios.

La investigación beneficia a la empresa, al guiar el desarrollo de sus actividades de servicios de ingeniería al definir y visualizar la estructura, complejidad, divergencia, flujo y el requerimiento de la mano de obra para la ejecución de las actividades ingenieriles, con base en las herramientas mencionadas anteriormente, como también la creación de los planos de servicio como herramienta para mejorar la productividad, al eliminar las fallas y obtener un mejor control en las actividades de los procesos de ingeniería (Tabla III).

Tabla III. *Resultado del análisis GPN.*

PROCESO	PROCESOS SIN UTILIZAR GPN		Nro. de actividades necesarias para el proceso	UTILIZANDO GPN EN LOS PROCEDIMIENTOS	
	Actividades	Nro. fallas		Nro. de actividades reducidas	Horas de retraso eliminadas
Solicitud topografía	19	1	18	1	5
Topografía campo	16	6	10	6	35
Topografía gabinete	15	1	14	1	2
Solicitud planificación de obras civiles	24	7	18	7	40
Planificación obras civiles gabinete	22	4	18	4	7
Ejecución obras civiles menores	31	14	17	14	49
Solicitud instalaciones eléctricas	25	3	22	3	6
Instalaciones eléctricas campo	22	1	21	1	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. *Mejora a través de GPN.*

PROCESO	PROCESOS SIN IMPLEMENTAR GPN		UTILIZANDO GPN EN LOS PROCEDIMIENTOS	
	% Rentabilidad	Cantidad de fallas	% rentabilidad	% mejora
Topografía	29,0	8	100	83,2
Planificación de obras civiles	25,0	11	100	87,3
Ejecución de obras civiles menores	20,0	13	100	92,5
Instalaciones eléctricas	80	4	100	21,1

Fuente: elaboración propia.



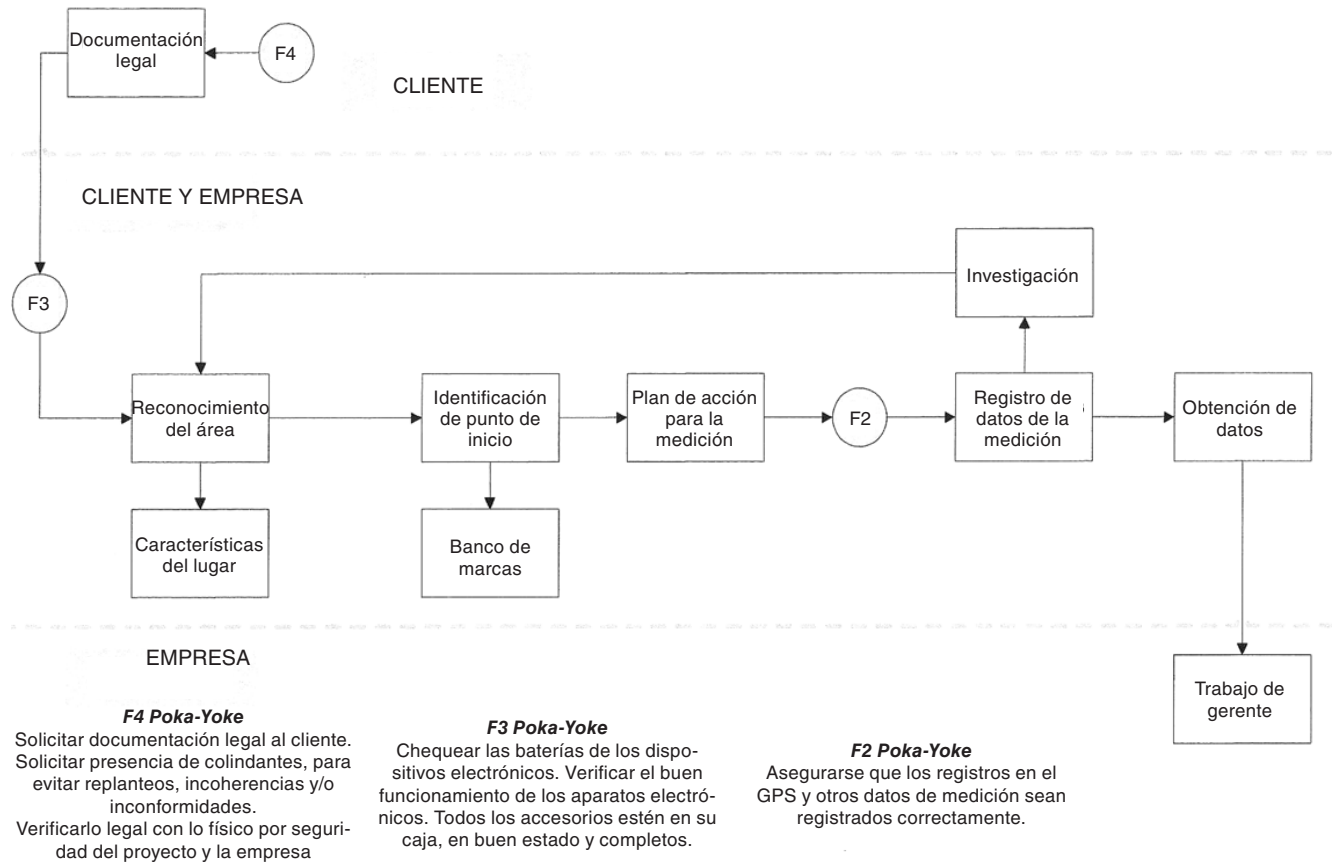


Figura 1. Plano de servicio: topografía de campo. Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

1. La GPN reduce y prevee actividades que no agregan valor al rendimiento de procesos, permitió la entrega a tiempo de los servicios de ingeniería, por la eliminación de horas de retraso, obteniendo procesos de ingeniería con porcentajes de mejora en relación al porcentaje de rentabilidad económica sin implementar GPN.
2. Por medio de la GPN se logró determinar la situación inicial del desarrollo de los procesos de ingeniería, exponiendo mediante diagramas de flujo y cuadros de datos de fallas, demoras en horas y porcentaje de pérdidas económicas. Los registros permitieron orientar y desarrollar el inicio del análisis, a los procedimientos de servicio, con mayor enfoque en sus actividades ingenieriles.
3. Los resultados brindados por las matrices de contacto con el cliente, diseño de un sistema de servicios y el diagrama de análisis de procesos, exponen las variaciones de análisis de procesos, no controladas en relación a la estructura, el grado de contacto con el cliente, condiciones operativas de los procesos y la falta de sistematización para las actividades correspondientes a los procedimientos de ingeniería.
4. La creación de planos de servicio, logra comunicar la estructura del proceso en relación al cliente con la empresa, necesaria para la visualización y comprensión total del proceso, permitiendo un mejor enfoque de análisis y control. También como instrumentos para destacar la prevención de fallas y poder realizar

las acciones correctivas necesarias.

5. La implementación de los planos de servicio y protección contra fallas permitió establecer actividades con mejor estructura, para proporcionar de una manera orientadora y directriz el objetivo de cada servicio de ingeniería; como también del equipo de trabajo.
6. Las ventajas de la GPN son: sistematización de los procesos, mejorar el control y reducción de fallas. También considerar las condiciones operativas de los procedimientos para fundamentar los compromisos del personal ante el servicio de ingeniería.

### Recomendaciones

1. En el análisis de procesos de servicio de ingeniería es menester utilizar la Gestión por Procesos de Negocio (GPN), para el seguimiento de mejora de la productividad, y cuando se genere un nuevo servicio de ingeniería.
2. Al reconocer la importancia de la creación y uso de los planos de servicio como una herramienta para mejorar la productividad, se sugiere que los mismos deben mantener su simpleza de comunicación y de entendimiento, al momento de modificar o crear nuevos planos de servicio, como también el registro y la actualización de las fallas dentro de los mismos.
3. Se recomienda crear un equipo de trabajo para lograr analizar y emplear los planos de servicio, utilizando medios de comunicación tecnológicos, para aumentar el desarrollo y control de los procesos, como también para crear un dinamismo más ágil de colaboración directa y de responsabilidades conjuntas, entre el personal asignado para el desarrollo del servicio de ingeniería.
4. Realizar revisiones periódicas por lo menos cada 3 meses, sobre el registro de nuevas fallas en los procesos de ingeniería, para actualizarlos por medio de los planos de servicio, con base en su notación y aviso como Poka-Yoke, para seguir garantizando la productividad a tra-

vés de los procedimientos y crear una cultura de mejora continua, por medio de los planos de servicio.

### Referencias bibliográficas

- Chase, R. Jacobs, F. (2013). *Administración de Operaciones producción y cadena de suministro*. México: McGraw Hill.
- Chiavenato, I. (2009). *Administración teoría y práctica*. México: McGraw Hill.
- Heizer, J. Render, B. (2009). *Principios de administración de operaciones*. México: Pearson Prentice Hall.
- Hernández, R. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill.
- Krajewski, L. Ritzman, L. Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones*. México: Pearson Educación.

---

## RECONSTRUCCIÓN Y/O REPARACIÓN DE PIEZAS DE FUNDICIÓN GRIS POR MEDIO DE SOLDADURA AL ARCO (SMAW)

---

**Byron José Bonilla Chang**

Mtro. en Ingeniería de Mantenimiento  
byronbonilla25@hotmail.com

**Roberto Alejandro Aguilar Rivas**

Asesor  
Dr. en Metalurgia  
raarivas@hotmail.com

### Resumen

En Guatemala para el 2015 la carencia de una metodología e información técnica que coadyuve a resanar y reconstruir piezas de fundición empleando soldadura por arco protegido (SMAW), determina la creación de una metodología de reparación y/o reconstrucción de piezas de fundición de hierro gris y nodular, que posee como objetivo mejorar las técnicas empleadas, resaltando los resultados macro y micro estructurales obtenidos por el proceso de unión, interactuando tanto los materiales de base como los de aporte utilizados, así como las técnicas de soldeo implementadas.

El análisis de los resultados se llevó a cabo por medio de observaciones metalográficas resaltando el efecto post-soldadura por medio de estudios metalográficos en probetas representativas de la fundición gris y nodular, así como materiales de aporte existentes en el país, con la aplicación del método desarrollado por Aguilar Rivas y Celada (2012), el cual presentó una disminución, desplazamiento y distribución de los picos de dureza obtenidos, mejorando en un 17 % a 24 % en fundición gris y 8 % a 12 % en fundición nodular con respecto al método convencional.

### Palabras clave

Soldadura (SMAW), fundición de hierro gris, fundición de hierro nodular, Zona Afectada por el Calor (ZAC).

### Abstract

*In Guatemala in 2015 the lack of a methodology and technical information that contributes to resurface and reconstruct molding using Shielded metal arc welding (SMAW), helps in determines the creation of a methodology for repair and / or reconstruction of parts of gray cast iron and nodular, which has the objective of improving the techniques used, highlighting the macro and micro structural results obtained by the bonding process, interacting both the base materials used as filler and implemented welding techniques.*

*The results of the analysis was conducted by metallographic observations, highlighting the post-welding effect by metallographic studies on representative samples of gray and nodular cast iron) and materials existing contribution in the country. With the application of based method developed by Aguilar Rivas and Celada (2012), which showed a decrease, displacement and distribution of peaks obtained hardness, improving by 17 % to 24 % of gray cast iron and 8 % to 12 % in nodular cast iron with respect to conventional method.*

### Keywords

*Welding (SMAW), gray cast iron, nodular cast iron, Heat affected Zone (HAZ).*

## Desarrollo del estudio

El desarrollo del proyecto se identifica como tipo cualitativo, debido a que se realizan análisis de medición de dureza, metalografías y líquidos penetrantes y se efectúa en tres fases. La primera fase es de carácter descriptiva, con generalidades, bases teóricas y de diseño de la investigación.

La segunda fase se fundamenta con el diseño de parámetros de soldadura y el desarrollo del método propuesto, efectuando ensayos empíricos y la evaluación del proceso; la fase tres con el análisis de resultados. Las fases 2 y 3 se describen a continuación:

1. Se inicia con la identificación del material base (en este caso, fundición gris clase 35 tipo A y fundición nodular 65-45-12), efectuando ensayos de chispa, ensayos metalográficos y ensayos de dureza, según las normas ASTM E18, A956 y E407.
2. Se procedió a realizar los ensayos de soldadura en 4 series, acorde al método propuesto por Aguilar Rivas y Celada (2012):
  - a. Fundición gris con electrodo ENiCl
  - b. Fundición gris con electrodo ENiFeCl
  - c. Fundición nodular con electrodo ENiCl
  - d. Fundición nodular con electrodo ENiFeCl

Exponiendo cada una de las series a temperaturas en rangos que varían desde 0°C, 200°C, 300°C, 500°C en precalentamiento y 300°C constante a lo largo del proceso de soldadura.
3. Finalizado el proceso, se procede a un enfriamiento lento controlado, cubriendo las probetas trabajadas con material aislante (cal hidratada, utilizada artesanalmente en el medio guatemalteco).
4. Posterior a los ensayos, se procede con la evaluación del método, utilizando líquidos penetrantes, ensayos de dureza y metalográficos para el análisis de resultados y selección del método.

## Resultados obtenidos

Se logró disminuir la variación en las propiedades y microestructuras en las zonas afectadas por el calor, y se evitó que en las áreas adyacentes al cordón de soldadura se produjeran microfisuras, estructuras martensíticas y zonas de fundición blanca, las cuales poseen mayor dureza, y en consecuencia, mayor fragilidad.

### 1. Ensayos metalográficos

En la Figura 1, se observa un cambio en la microestructura de las probetas a medida que se aumenta la temperatura de precalentamiento del proceso, y el comportamiento de los materiales al momento de fusionarse (material base y material de aporte) según las temperaturas estudiadas para el proceso de soldadura. A medida que aumenta la temperatura de precalentamiento puede notarse mayor dispersión del grafito (según su disposición y forma) en la zona de fusión, mientras que a temperaturas de precalentamiento menores se hace evidente cierta división existente entre ambos materiales (menor fusión).

### 2. Ensayos de dureza

Las curvas que se visualizan en la Figura 1, muestran patrones de comportamiento similares entre sí en cuanto a forma y dureza, en el caso de cada temperatura evaluada con diferente tipo de electrodo en ambos tipos de material base (fundición gris y fundición nodular). Puede observarse la tendencia a la disminución y desplazamiento de dureza en dirección cordón-material base, a medida que aumenta la temperatura de precalentamiento, obteniendo mejores resultados los ensayos efectuados a 300°C de temperatura en forma constante, como puede visualizarse en las curvas (triángulos, ensayos con electrodos ENiFeCl; círculos, ensayos con electrodos ENiCl), respecto a los ensayos efectuados con diferentes temperaturas.

Las mediciones fueron efectuadas a partir del centro del cordón de soldadura, en los puntos indicados en la imagen representativa del corte del mismo, ubicada dentro del área del gráfico.

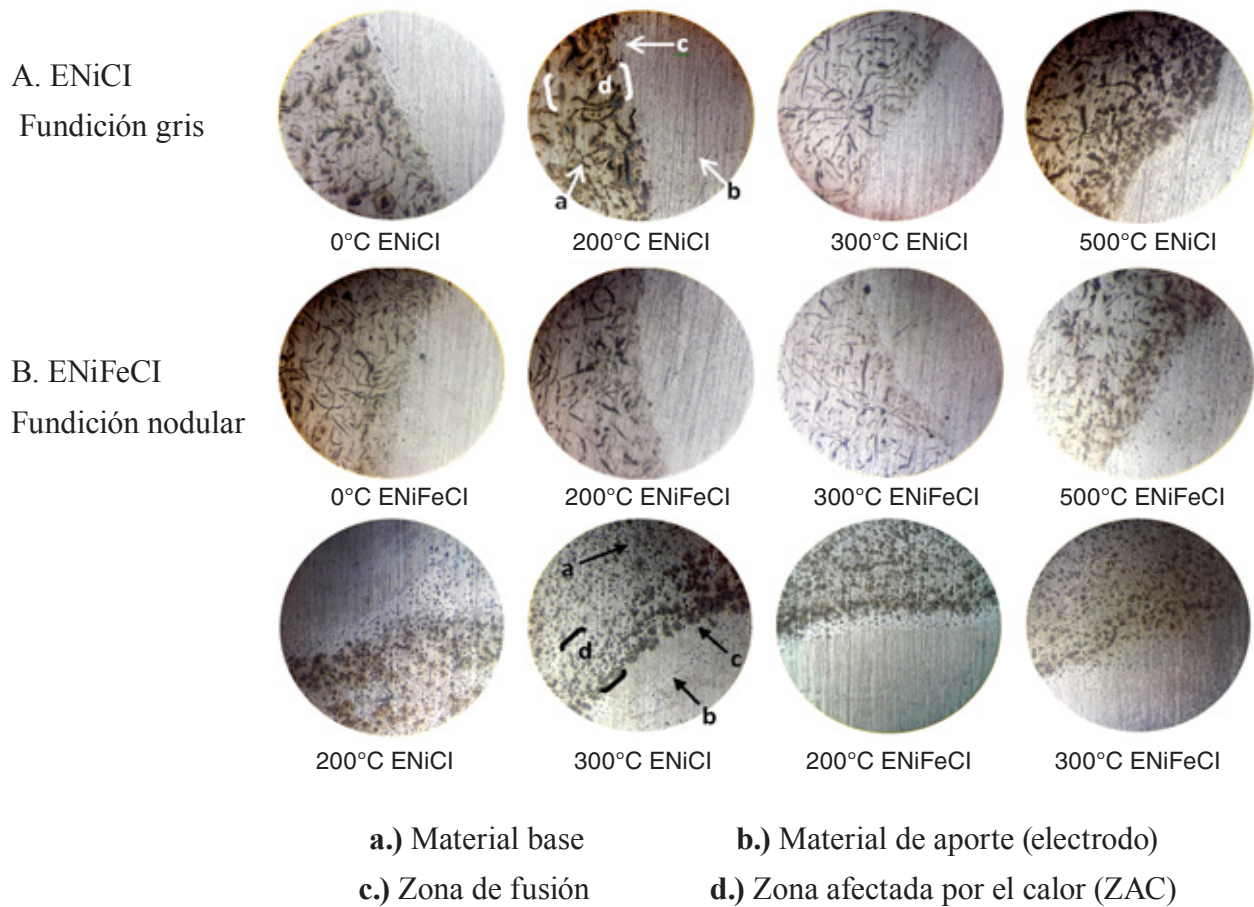


Figura 1. Metalografías de resultados x100 de aumento.  
Fuente: elaboración propia.

### Discusión de resultados

1. Para iniciar el proceso de soldadura, la temperatura de precalentamiento es vital para el manejo adecuado y deposición del material de aporte, (influye directamente sobre el acabado del cordón de soldadura y propiedades mecánicas finales).
2. Considerar el volumen del elemento a reparar (metal base), por la tendencia natural de los elementos a buscar el equilibrio térmico, definido por la ley cero de la termodinámica, absorberá el calor generado en el proceso, y lo distribuirá en el resto del cuerpo, puede perjudicar el resultado final, por un enfriamiento rápido.
3. Considerar un enfriamiento lento de la pieza trabajada para compensar la diferencia de los coeficientes de dilatación de ambos materiales. Debido a estas diferencias termodinámicas y al efecto de la diferencia de coeficientes, surge la necesidad de precalentar la pieza (material base) en consideración a su volumen.
4. La temperatura de fusión del hierro fundido es menor que la del níquel. De la misma manera, la velocidad de enfriamiento del níquel es inferior, debido a un coeficiente de transferencia calórica menor a la de una fundición.



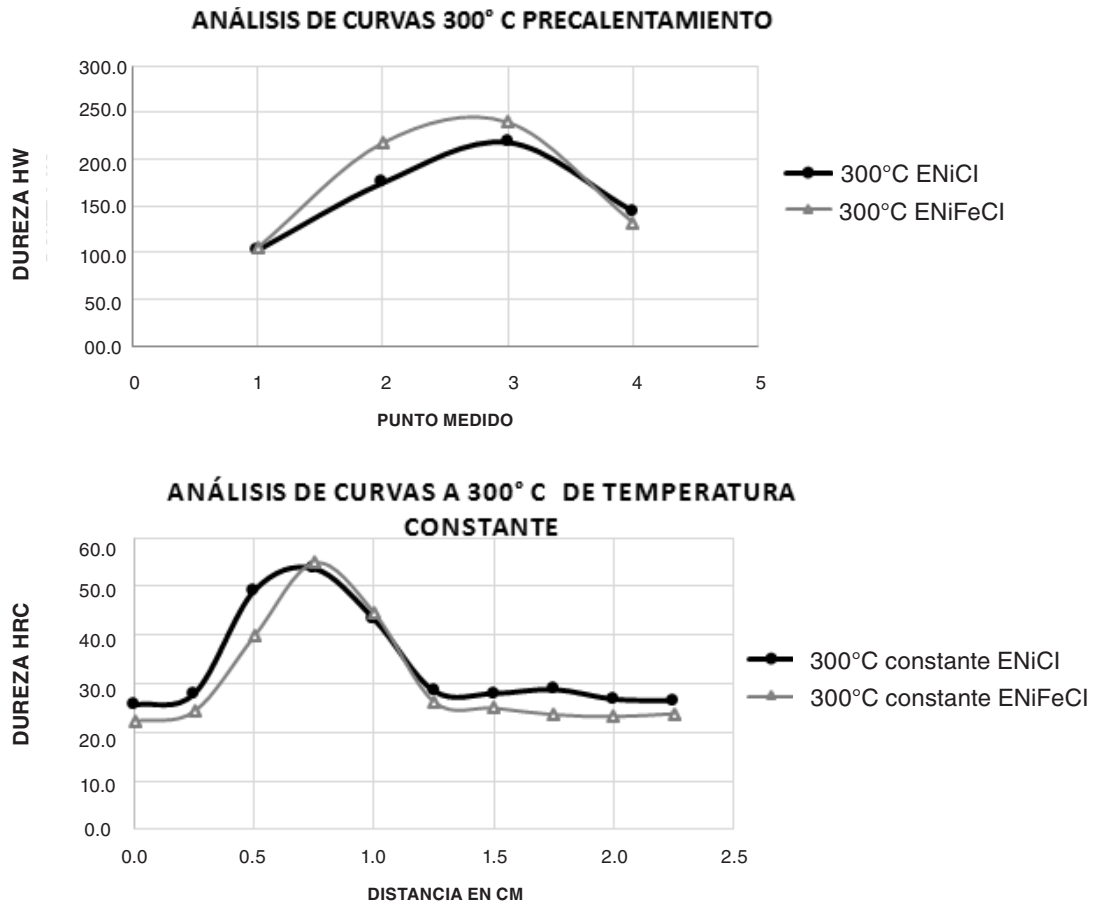


Figura 2. Curvas características con las diferentes temperaturas de trabajo.  
Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

1. La selección del material de aporte, según los resultados y acabados finales demuestran que los electrodos de níquel (ENiCl) presentan mayor ductilidad que el electrodo níquel-hierro (ENiFeCl), en donde los resultados de dureza dependerán de las temperaturas de trabajo aplicadas; en caso de malas prácticas de soldadura, aumentan los niveles de dureza.
2. Para la aplicación del método se requiere ambientes secos, protección de la pieza a tratar (sin humedad ni ráfagas de viento), se debe considerar la rapidez de avance de la soldadura (por el comportamiento del electrodo al fundirse), cordones de soldadura entre 5 a 8 cm y el orden de realización de los cordones de soldadura, según la morfología de la pieza.
3. La temperatura adecuada para el proceso de soldadura se encuentra entre los rangos de  $300^{\circ}\text{C} \leq T^{\circ}\text{C} < 400^{\circ}\text{C}$  de forma constante, según lo indican los resultados obtenidos. Los resultados finales se reflejarán directamente en la aplicación de tratamientos térmicos adecuados (pre, durante y posterior al proceso de soldadura).



## Recomendaciones

### En cuanto al material de aporte

1. Debe considerarse las temperaturas de trabajo recomendadas, para ambos tipos de electrodo debido a que la omisión aumentará considerablemente los niveles de dureza de la pieza dificultando su maquinabilidad presentando los fenómenos mencionados por malos procesos de soldadura.
2. Se recomienda utilizar electrodos de diámetro pequeño, para reducir el amperaje del proceso.

### Referente al proceso

3. Efectuar el proceso de soldadura de inicio a fin, sin realizar paros durante el proceso, para obtener resultados satisfactorios.
4. Depositar el material de aporte con pequeñas ondulaciones, depositando el material semejante a la realizada con soldadura oxiacetilénica, por el comportamiento que presenta al momento de la aplicación.

### En cuanto a temperatura

5. Evitar reducir excesivamente la velocidad de avance o efectuar cordones de soldadura largos, ya que puede producirse sobrefusión, incrustación de escoria o poros superficiales producidos por partículas en suspensión sobre la piscina de fundición y su lenta solidificación, por aumentos excesivos de temperatura.
6. Efectuar un revenido final, para liberar tensiones internas surgidas por el proceso.
7. Se sugiere darle continuidad a las líneas de investigación del área de Diseño y Metalurgia de la Soldadura, al efectuar ensayos considerando los diferentes tipos de fundición, tanto la gris (clases 20, 40, 60, etc., o tipos B, C, D y E), como en otros tipos de fundición para verificar si los resultados son similares o difieren, basándose en la metodología propuesta.

## Referencias bibliográficas

- Aguilar, R. (2011). *Solidificación de metales y aleaciones y el mecanismo de cierre de la vena fluida durante los ensayos de fluidez (Ensayo Metodológico). Proyecto de investigaciones metalúrgicas*. Guatemala : EMI, FIUSAC.
- ASM International. (2005). *Welding Brazing and soldering. Metals Handbook*. 6. (s.n.), 2873.
- Celada, E. (2012). *Metodología para el reacondicionamiento de ejes de acero al carbono, AISI 1045, por medio de soldadura*. (Tesis de Ingeniería Mecánica). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Chicas R. & Aguilar Rivas R. A. (2013). *Fallas características en soldaduras especiales. origen y prevención (casos reales). Proyecto de Investigaciones Metalúrgicas*, Guatemala : EIM, FIUSAC.

---

## ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS PARA EVALUAR LOS FACTORES QUE REGULAN LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE VARILLA DE ACERO CORRUGADO

---

**Jonatan Benjamín Solares Salazar**

Mtro. en Ingeniería de Mantenimiento  
jb\_deseret2502@hotmail.com

**Roberto Alejandro Aguilar Rivas**

Asesor  
Dr. en Metalurgia  
raarivas@hotmail.com

### Resumen

Los paros de producción no programados tienen un efecto perjudicial en el proceso productivo. Como parte del control de un proceso, se establecen metas, si el tiempo de una meta es afectado por un paro no programado afectará la producción y por ende, la eficiencia. El análisis tomó los paros de producción no programados, para estratificar la información obtenida encontrando los problemas de raíz a ser corregidos.

El análisis modal y efectos permitieron encontrar diferentes modos de fallos de un proceso y determinar una solución o acción correctora al fallo. Los análisis se enfocaron en el número de prioridad de riesgo (NPR) más elevado. Se definieron acciones para la corrección de modos de fallo específicos. Las acciones se clasifican como aumento de controles y ejecución de procedimientos. Las acciones disminuyeron el NPR y la severidad del fallo, la frecuencia del suceso o la probabilidad de no detección. Los controles deficientes y ejecución de procedimientos, son factores que deben ser fortalecidos para la evitar la reducción de la eficiencia del proceso de laminación.

### Palabras clave

Paro, eficiencia, fallos, factores, laminación.

### Abstract

*The unscheduled production stoppages have a detrimental effect on the production process. As part of a process control goals are set, if a goal time is affected by a stoppage unscheduled the production and therefore efficiency is affected. The analysis took the unscheduled production stoppages, in order to stratify the information obtained and finding the root problems to be corrected.*

*The modal analysis and effects allowed to find different failure modes of a process and determine a solution. The analysis focused on the priority number irrigation (NPR). Higher actions to the correction of specific failure modes are defined. The actions are classified as increased controls and enforcement procedures. NPR actions decreased as the severity of the failure, the frequency of occurrence or the probability of detection increased. Poor implementing controls and procedures are factors that should be strengthened to avoid reducing the efficiency of the rolling process.*

### Keywords

*Stoppage, efficiency, failures, factors, rolling mil.*

## Desarrollo del estudio

El proceso de laminación de varillas de acero corrugado se ve limitado como todo proceso, por las discontinuidades, las cuales comprenden situaciones que interrumpen el proceso de producción directamente o contribuyen a tener un producto final que no es de primera calidad. Mediante los métodos de estratificación, gráfico de Pareto y análisis modal de fallos y efectos, se traza una línea de análisis que permite tomar las situaciones a granel que perjudican el proceso de producción y enfocar los esfuerzos en encontrar los factores que regulan la eficiencia del proceso productivo.

Dentro de la planta de laminación, durante cada semana existen varios turnos de producción, en los cuales se llevó un control detallado de cada problema que causó un paro de producción o producto final que no fue de primera calidad.

Se tomó nota del área involucrada, del tiempo total para reiniciar la producción, causa principal que ocasionó el problema y la descripción minuciosa del mismo.

Se tomaron los tiempos de paro de producción de 6 meses seguidos, analizándose los mismos en forma semanal tomando en cuenta la continuidad de producción del proceso de fabricación de varillas de acero corrugado.

De acuerdo al marco teórico, el proceso de laminación es muy amplio por lo que encontrar las causas que originan los problemas requiere mucha atención y conocimiento del proceso. Los estratos propuestos se encontraron con una alta frecuencia en aparición o con un impacto en el tiempo de paro muy alto. Se desecharon los estratos por ubicación, debido a que la ubicación donde se presentaron las fallas no estaba relacionada con la raíz del problema en muchos de los casos.

La agrupación de los paros de producción originó una lista de procesos o funciones que debían ser evaluados a detalle para ser mejorados y así reducir su participación en paros de producción que afecten directamente el proceso de laminación.

## Resultados obtenidos

El análisis de Pareto permite tener una vista más clara sobre lo que es importante tratar para llegar a una conclusión. Dicho análisis marca que el 80 % de los tiempos de paro comprende el 36 % de los problemas.

Los modos de fallo consisten en un elemento o sistema que no cumple con las especificaciones requeridas. Ello es un defecto de una función, por lo tanto limita la calidad del producto final al grado de ponerla en riesgo; el proceso debe ser interrumpido, corregir la falla y garantizar el trabajo correctivo o preventivo para luego reanudar la producción.

Los modos de fallo son la principal razón de las interrupciones del proceso de producción. Además, la productividad del proceso se reduce con el desaprovechamiento de la materia prima, lo cual va ligado a los paros de producción no programados.

El análisis modal de fallos y efectos proporciona un NRP que representa el producto de los valores de: gravedad de fallo, probabilidad de ocurrencia y probabilidad de no detección. Cada posible modo de fallo de la operación o problema evaluado genera una acción correctora, la cual es un factor deficiente que debe ser fortalecido y por ende un factor que afecta la eficiencia del proceso de laminación.

Las acciones implantadas son la versión específica de los factores, ya que las acciones se encuentran dentro de un procedimiento establecido previamente que no se está cumpliendo correctamente o son parte de un control que no se está llevando.

El aumento de control y la ejecución de procedimientos resaltan como los principales factores que deben ser corregidos. El fortalecimiento de los controles para evitar que sean deficientes y no permitir la ausencia de ejecución de procedimientos establecidos, contribuirá considerablemente a disminuir el NPR según el análisis AMFE y como consecuencia, el modo de fallo tiende a desaparecer.

Los dos factores son determinantes en los modos de fallo del proceso en análisis.

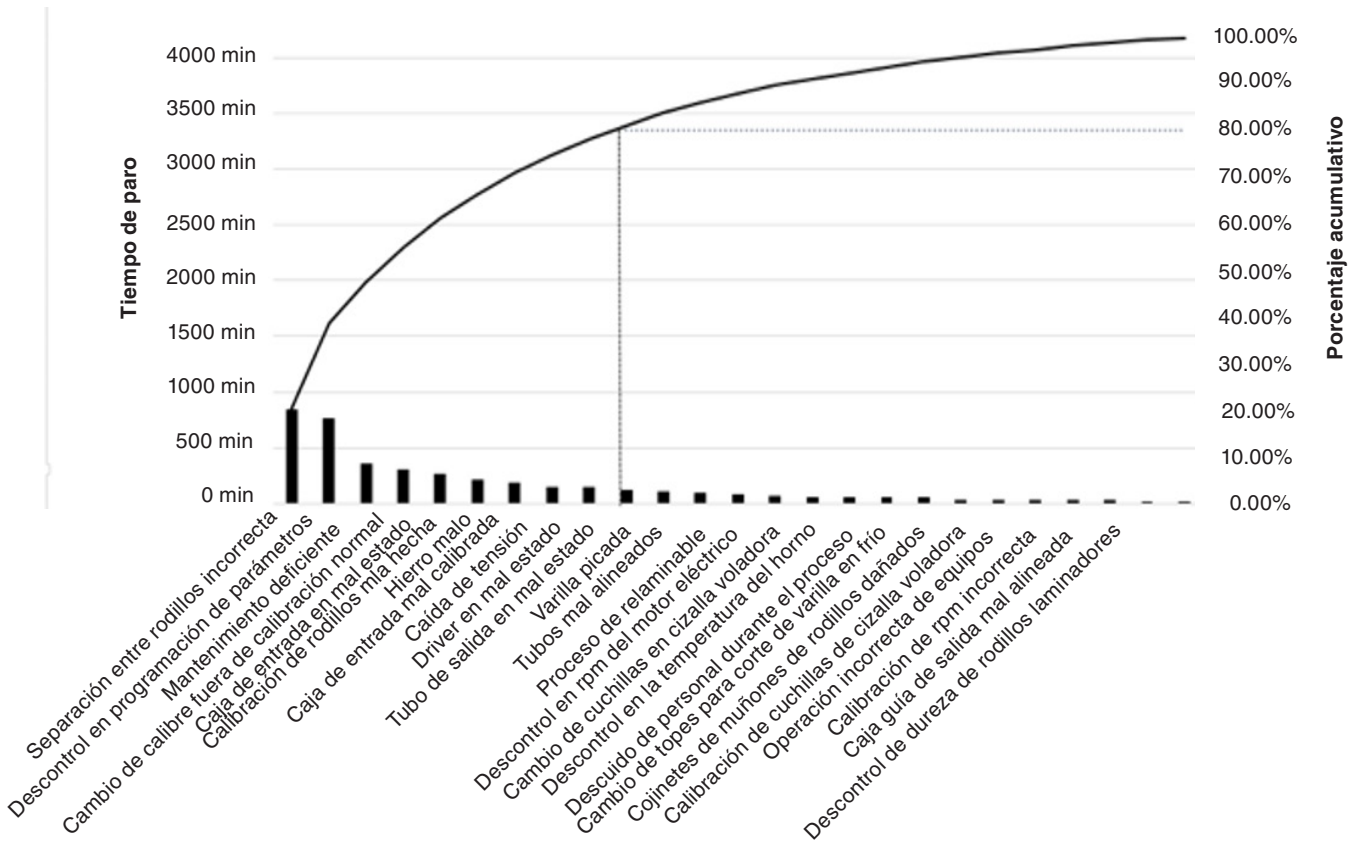


Figura 1. Diagrama de Pareto.

Fuente: elaboración propia.

Tabla I. Análisis modal de fallos.

Operación o función	Modo de fallo	Efecto de fallo	S	G	Causas de fallo	O	Controles actuales	D	NPR inicial	Acción correctora	Responsable	Acción implantada
Separación entre rodillos de laminación	Figura de laminación de tamaño incorrecto	Figura no entra al siguiente pase	8	6	Diseño de calibración incorrecto	4	Muestreo	10	320	Calibración inicial de acuerdo al estándar	Supervisor	Muestreo de figuras del proceso luego de la calibración inicial
	Daños a motor eléctrico	Interrupción en la continuidad del proceso	10	6	Descontrol en el desgaste del calibre	3	Muestreo	1	30	Refrigeración adecuada	Operador	Limpieza y mantenimiento continuo de sistema de refrigeración
	Producto final de segunda	Baja productividad	10	6	Calibración inicial incorrecta	2	Muestreo	1	20	Revisión de alturas de figuras durante la calibración inicial del molino	Supervisor	Control de separación entre rodillos durante el proceso
	Desprendimiento de material	Daños a caja guía	8	6	Descuido del operador	6	Muestreo	6	288	Revisión minuciosa del área de cada caja durante el proceso	Operador	Revisión del área de cada caja guía durante el cambio de calibre
	Daños a caja de entrada	Figura no entra al siguiente pase	8	6	Descontrol en el peso final de la varilla	6	Muestreo	1	48	Graduación correcta en apertura entre rodillos de caja guía	Operador	Calibrar cajas guías con muestras estandarizadas por cada medida de producción

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. *Acciones implantadas.*

Acciones implantadas	Factores
Extraer muestras de las figuras del proceso luego de la calibración inicial	Ejecución de procedimientos
Revisar el área de cada caja guía durante el cambio de calibre	Aumento de control
Estandarizar parcialmente los parámetros	Ejecución de procedimientos
Revisar los parámetros programables previo al arranque	Ejecución de procedimientos
Revisar la longitud de la varilla por parte del operador	Aumento de control
Supervisar de manera programada y eficiente	Mejora en la supervisión
Aumentar de compromiso de los colaboradores hacia su responsabilidad	Factor humano
Proponer la programación de producción para 3 meses	Aumento de control
Controlar la dureza superficial de rodillos previo a su ingreso a producción	Aumento de control
Asegurar un sistema de lubricación continuo y eficiente	Aumento de control
Calibrar la separación entre rodillos de cajas guías con muestras estandarizadas	Ejecución de procedimientos
Calibrar con una varilla corrugada los rodillos bajo la supervisión del operador	Mejora de la supervisión
Alinear tubos de entrada y salida, así como equipos periféricos	Ejecución de procedimientos
Clasificar la materia prima previa a su ingreso al horno de laminación	Ejecución de procedimientos
Cortar homogéneamente en cizallas voladoras de despunte	Aumento de control
Calibrar la separación entre rodillos de cajas guías con muestras estandarizadas	Ejecución de procedimientos
Revisar detalladamente cada parte de la caja en paros de producción y mantenimiento	Ejecución de procedimientos

Fuente: elaboración propia.

## Discusión de resultados

### ¿Qué factores básicos inciden el proceso de laminación en caliente?

Los factores, controles deficientes y ejecución de procedimientos, son factores que deben ser fortalecidos para la evitar la reducción de la eficiencia del proceso de laminación.

### ¿Qué modos de fallo existen en las etapas del proceso de laminación de acero corrugado?

Los modos de fallo consisten en un elemento o sistema que no cumple con las especificaciones requeridas. Ello es un defecto de una función, por lo tanto limita la calidad del producto final al grado de ponerla en riesgo; el proceso debe ser interrumpido, corregir la falla y garantizar el trabajo correctivo o preventivo para luego reanudar la producción. Los fallos que tienen un número de NRP elevado, los cuales se enlistan en cada análisis modal de fallos y efectos efectuado contribuyen en mayor grado a provocar paros de producción por deficiencias en las etapas desde el calentamiento del acero hasta el enfriamiento.

### ¿Qué relación existe entre los modos de fallo, los paros de producción no programados, los factores y la eficiencia del proceso?

En un principio se estableció que la principal causa de la reducción en la eficiencia es causada por los

paros de producción. El análisis modal de fallas y efectos fue determinante para encontrar los factores que regulan la eficiencia del proceso de producción. El análisis determinó de manera muy objetiva cada una de las acciones correctoras e implantadas para un modo de fallo, ello permite concluir de manera firme y certera teniendo una base sólida en análisis y resultados.

### ¿Qué propuesta de mejora para el proceso se puede presentar?

La particularidad del proceso de laminación necesita varios métodos de análisis para conseguir un resultado y el orden en que fueron usados lo permitió, desde la información general hasta la específica. Por ello aplicar los sistemas de gestión de calidad, de tal manera que se utilicen varias herramientas de acuerdo a la información obtenida. Aplicar la estratificación para clasificar los problemas, el diagrama de Pareto para establecer prioridades y el análisis modal de fallos y efectos para llegar a la raíz de los problemas.

Si la falta de controles en el proceso de producción y la ausencia de aplicación de los procedimientos establecidos causan modos de fallo que implican paros de producción, entonces la eficiencia del proceso de producción de varilla de acero corrugado en los trenes de laminación será reducida.



## Conclusiones

1. Los factores básicos que inciden en el proceso de laminación en caliente son en el control deficiente de procesos y la no ejecución de procedimientos de producción ya establecidos.
2. Los modos de fallo que tienen origen en los paros de producción y que tienen un número de NRP elevado, los cuales se enlistan en cada análisis modal de fallos y efectos efectuado, afectan las etapas de calentamiento del acero, la transformación y el enfriamiento del mismo.
3. La modos de fallo dentro del proceso de laminación de acero originan los paros de producción no programados que son clasificados por la estratificación, el diagrama de Pareto que permite enfocar los esfuerzos de análisis en lo relevante, y el análisis modal de fallas y efectos facilita definir los factores que regulan la eficiencia del proceso, debido a lo imposible que resulta mantener la continuidad en un proceso cuando es interrumpido.
4. La propuesta de mejora está formada por la aplicación de la estratificación juntamente con el diagrama de Pareto, que permiten definir los problemas relevantes que ocasionan paros de producción no programados; el análisis modal de fallas y efectos que determina acciones correctivas. En conjunto forman una propuesta de mejora a los problemas identificados en el proceso de producción.

## Recomendaciones

1. Evaluar los controles del proceso productivo y los procedimientos de operación dentro de los trenes de laminación, para evitar que el control deficiente de procesos y la no ejecución de procedimientos de producción ya establecidos, afecten negativamente la eficiencia del proceso.
2. Evaluar continuamente las acciones implantadas dentro del análisis modal de fallos y efectos para disminuir considerablemente los NRP más altos de los modos de fallo de las operaciones o funciones bajo análisis.

3. Utilizar la gestión de calidad para mejorar la eficiencia del proceso aumentar la calidad de los controles de producción y de la ejecución de los procedimientos de operación.
4. Elaborar un plan de prevención que permita identificar posibles fallas en el proceso de laminación y eliminarlas, ya sea al analizar el proceso por medio de un análisis modal de fallos y efectos o algún otro que enfoque los esfuerzos de prevención en erradicar problemas de raíz.

## Referencias bibliográficas

- Aguilar, R. (1999). *Características técnicas del acero para la construcción en el nuevo milenio*. El Salvador : Construxpo'99.
- Aguilar, R. (2012). *Introducción a la metalurgia-Proyecto de investigación metalúrgica EIM*. Guatemala: FIUSAC
- Calderón, O. (2001) *Laminación en caliente de aceros comerciales para fabricación de redondos corrugados*. (Tesis de Ingeniería Mecánica). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Gutiérrez, Humberto. (2010). *Calidad total y productividad*. México: McGraw- Hill /Interamericana Editores.
- Hernández, C. (1991). *Metodología de la investigación*. México: McGraw- Hill.
- Summers, Dona. (2006). *Administración de la Calidad*. México: Pearson Educación.
- Wusatoski, Z. (1969). *Fundamentals of rolling*. Londres: Pergamon.



---

## REUTILIZACIÓN DEL EFLUENTE TRATADO DEL PROCESO DE LAVADO DE PRENDAS TEXTILES DE LONA PARA MITIGAR LA HUELLA AMBIENTAL EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN EN GUATEMALA.

---

**Diego Silva Linares**

Mtro. en Energía y Ambiente  
diego.silva.linares@gmail.com

**Marco Antonio García**

Asesor  
Magíster en Negocios y Administración  
marcogarciad@yahoo.com

### Resumen

El ambiente es un conjunto de procesos naturales y antrópicos que se interrelacionan; como resultado se generan subproductos y desperdicios que pueden ser dañinos para el medio según la industria de donde proceden.

En el caso de la industria textil, la operación de lavado es uno de los procesos de alta contaminación. El presente proyecto estableció las características fisicoquímicas mínimas para reutilizar el efluente tratado que provenía del lavado de piezas en una planta textil para mitigar la huella ambiental producida por la descarga directa del efluente.

El principal objetivo fue definir el valor de la huella ambiental hídrica, reducida debido a la reutilización del efluente cumpliendo parámetros fisicoquímicos de proceso de la planta de tratamiento. Utilizando controles estadísticos, se concluyó que el sistema de tratamiento permite reutilizar un volumen de efluente tratado de 158 m<sup>3</sup> diarios y así reducir en un 24.99 % el valor de la huella ambiental hídrica del proceso.

### Palabras clave

Efluente, huella ambiental hídrica, reutilización, conductividad eléctrica.

### Abstract

*Our environment is a mixture of natural and anthropic process that interrelates. As a result of this, byproducts are generated and also wastes are produced that can be harmful for our environment according to the type of industry which generates them. In the case of textile industry, the laundry process operations are of high pollution discharges. This project established the minimum characteristics of a treated effluent to be reuse in a laundry process of a textile industry to minimize the environmental hydric footprint produced by the direct discharge of the effluent to the sewers. The main objective was to define the value of this reduced environmental hydric footprint due to the different physicochemical parameters established for the effluent in the process for its reuse. Using statistical control, it was concluded that the treatment system can allow a reuse flow of effluent of approximately 158 m<sup>3</sup> in a daily basis and with this reduce in a 24.99 % the value of the original environmental hydric footprint of the laundry process.*

### Keywords

*Effluent, environmental hydric footprint, reuse, electric conductivity*

## Desarrollo del estudio

La industria textil presenta hoy en día estilos de ropa que marcan tendencia en la industria de la moda. Para llegar a producir estos diferentes estilos, fueron necesarios varios procesos de adecuación de las prendas para lograr la calidad esperada. Los procesos necesitan materiales y productos químicos que en algunas circunstancias pueden ser dañinos para la salud y el ambiente. Tal es el caso de las aguas residuales producidas por el lavado de las prendas.

Las aguas residuales generadas por cualquier industria se refieren a aguas que han pasado por un proceso productivo, en el cual su calidad inicial se ha visto alterada por un cambio físico y/o químico de sus propiedades (Monroy Mahecha, 2010).

Estos procesos generan una alteración de la calidad del agua e impactan como una huella ambiental hídrica en el medio donde se desarrolla la empresa. Esta huella ambiental debe ser establecida dentro de un sistema integral de gestión ambiental para garantizar que sea controlada y reducida (Gas Natural Fenosa, 2013).

Los sistemas de gestión ambiental permiten establecer criterios de control que ayuden a reducir los impactos generados por los procesos operativos y a la vez reducir la huella ambiental que estos generan (ISO 14046, 2014).

Este proyecto establece la mitigación de la huella ambiental hídrica generada por la descarga de un flujo de agua tratada, proponiendo un esquema de reutilización del mismo en el proceso de lavado de prendas y obteniendo como resultado una reducción porcentual significativa de la huella ambiental hídrica generada por el proceso de lavado de prendas textiles.

En la industria textil, el flujo de agua utilizado en los procesos de lavandería tiene frecuencia de consumo variada, para fines investigativos, se tomó un periodo de operación de bajo consumo, establecido para las fechas de febrero a abril de 2014.

El sistema utilizado para la evaluación de las características del efluente consistió de tres variables importantes: el agua de proceso que ingresaba a la lavandería directamente de la fuente sin alteración, el agua residual generada y tratada por la empresa en su sistema de tratamiento interno y el flujo propuesto y evaluado de la mezcla de ambas aguas en cuestión.

En el caso de Guatemala, la herramienta nacional utilizada es el Acuerdo Gubernativo 236-2006 para el control de emisión de las aguas residuales de la industria. En este proyecto de investigación, los parámetros más importantes evaluados son el valor de color, pH, turbidez y temperatura del efluente. El parámetro de conductividad no está normalizado como parte del control del acuerdo; sin embargo, como punto tomado de la experiencia interna del personal de las áreas evaluadas, éste se debió analizar en el proceso de reutilización.

La metodología de evaluación fue una comparación de los parámetros en conjunto para el agua de proceso, el agua tratada y la mezcla de la misma, realizada a partir de concentraciones volumétricas del efluente en el agua de proceso. A partir de la observación de su comportamiento en el resultado de los parámetros, de forma cualitativa, se estableció la forma de reutilización.

Algunos de los materiales y equipos utilizados consistieron en el flujo de agua de proceso y agua tratada, los equipos de análisis de laboratorio que estimaron los valores evaluados (pH, turbidez, color, temperatura, entre otros), el recurso humano interno y las instalaciones físicas para la determinación de los parámetros de control en la reutilización del efluente en el proceso de lavandería y reducción de la huella ambiental hídrica.

## Resultados obtenidos

El agua de proceso utilizada en la operación de lavandería posee características fisicoquímicas invariables a partir de la fuente de donde procede, como un pozo propio en la empresa y/o la distribución municipal que se le provee a toda empresa.

Los parámetros de control se muestran a continuación:

Tabla I. *Valores promedio de características de agua de proceso.*

Parámetros de control	Valor
pH (u.e.)	6.64
Temperatura	23.66
Color (U. PtCo)	4.76
Turbidez (FAU)	0.78
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	491.94

Fuente: elaboración propia.

Para el agua tratada, los resultados obtenidos de los parámetros de control fueron los siguientes:

Tabla II. *Valores promedio de características del efluente de la planta.*

Parámetros de control	Valor
pH (u.e.)	7.00
Temperatura	24.70
Color (U. PtCo)	131.80
Turbidez (FAU)	11.70
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	1892.13

Fuente: elaboración propia.

Los resultados para la reutilización del flujo de efluente hacia la lavandería se obtuvo con la mezcla volumétrica entre flujo de agua de proceso y flujo de agua tratada en laboratorio, a partir de un consumo promedio aproximado de 650 m<sup>3</sup> diarios.

Los porcentajes de mezcla del efluente de 10 % al 25 % en agua de proceso son significativos para el control y reutilización en la operación de la planta:

Tabla III. *Valores promedio de las características de las mezclas de agua (efluente y procesos).*

Parámetros	Porcentajes de mezcla		
	25.0 %	12.5 %	10.0 %
pH (u.e.)	7.00	6.00	6.60
Temperatura	24.70	30.00	23.60
Color (U. PtCo)	131.80	2.60	2.40
Turbidez (FAU)	11.70	26.20	26.14
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	1892.13	758.00	711.40

Fuente: elaboración propia.

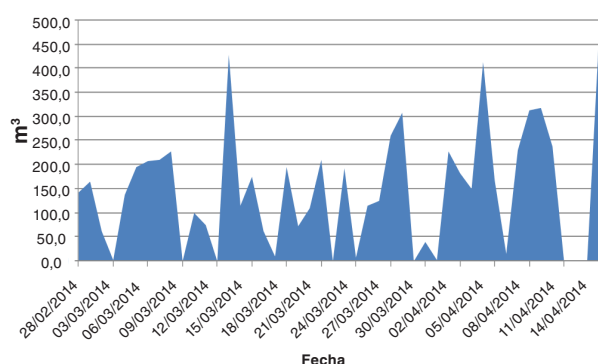


Figura 1. Volumen estimado de reutilización para año 2014 en m<sup>3</sup>.

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la Figura 1, el volumen de reutilización puede ascender hasta valores de 450 m<sup>3</sup>.

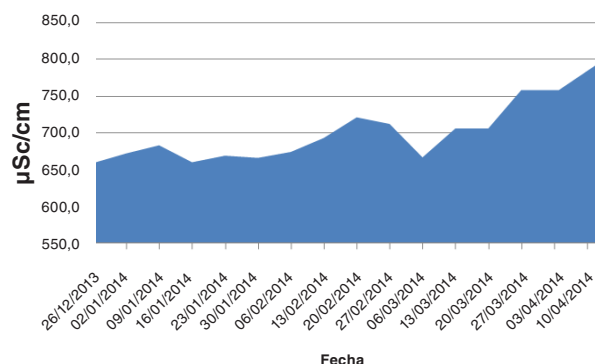


Figura 2. Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de una mezcla de efluente con agua de proceso al 12.5%.

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura 2, la conductividad de un efluente al 12.5 % en volumen de mezcla con agua de proceso, produce resultados de conductividad eléctrica por debajo de los 800 microS/cm.

Los valores máximos permitidos aproximados para el control de la reutilización en el sistema fueron:

Tabla IV. *Valores promedio mezclas de agua.*

Parámetros Máximos	Valor
Color (U. PtCo)	57
Turbidez (FAU)	5
Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )	1048
Volumen (% efluente)	25 %

Fuente: elaboración propia.

Los valores de la huella hídrica ambiental son de 11.74 L/U de pieza textil producida en el área de lavandería, dando una reducción de 24.99 % en la huella emitida por el proceso, a un valor de 158 m<sup>3</sup> de agua reutilizada (25 % en volumen de reutilización).

### Discusión de resultados

Los parámetros fisicoquímicos del efluente se caracterizaron a partir del Acuerdo Gubernativo 236-2006. Esto dio como resultado un control del efluente para la oportunidad de reutilización y de reducción de la huella ambiental.

A partir de estos resultados obtenidos se lograron establecer las principales variables a evaluar en campo, como lo son la conductividad, el color y la turbidez. Estas variables de control permiten definir la calidad esperada de un flujo de agua, por lo que el resultado obtenido permitió definir las concentraciones a mantener en el proceso de reutilización, lo cual concuerda con lo reportado por Roja & Jamillete (2004).

La valoración volumétrica demostró que los controles de conductividad, turbidez y color establecidos para el agua tratada pueden variar. Esto de acuerdo, a lo descrito por Monroy Mahecha (2010).

Complementado con el mismo control de descarga apropiado y establecer una operación de reúso oportuna y objetiva

La determinación del valor volumétrico del efluente a utilizar para la reutilización del agua en el sistema, permitió establecer el control de reducción de la huella ambiental por consumo de agua potable. Esta gestión ambiental permite también identificar y cuantificar la capacidad de la empresa de mitigar los impactos generados por sus procesos internos.

### Conclusiones

1. Se estableció un caudal de efluente tratado de 158 m<sup>3</sup>/día aproximado, para la reutilización, el cual permite mitigar la huella ambiental del proceso de lavado de prendas textiles a un 24.99 % de reducción de la huella hídrica.
2. Las características fisicoquímicas para reutilizar el efluente para mitigar la huella ambiental son la conductividad eléctrica, la turbidez y el color.
3. La cantidad en volumen de efluente a reutilizar para el proceso de reducción de la huella hídrica ambiental debe ser entre 12.5 % a 25 % del caudal total de descarga del efluente tratado.
4. Los valores fisicoquímicos de control para la reutilización del agua son: conductividad eléctrica = 1048.32  $\mu\text{S/cm}$ ; turbidez = 5.15 FAU; y color = 58.67 U. PtCo.
5. El valor volumétrico de caudal de efluente tratado a reutilizar generará un ahorro mensual de US\$. 4,066.51 aproximadamente, en un periodo de consumo de agua en la planta en los meses de febrero a abril.

### Recomendaciones

1. Para la industria textil, establecer sistemas de control ambiental que garanticen que exista una identificación plena de los recursos disponibles y cómo estos pueden ser aprovechados de forma más eficiente.
2. Realizar un estudio de seguimiento para la re-

utilización y reducción de la huella ambiental al incluir la huella de carbono como parte del estudio de reducción del consumo de recursos disponibles en la industria textil.

3. Las entidades gubernamentales como el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) puedan evaluar y ampliar la capacidad técnica de la sección de control y monitoreo de las industrias de manufactura.

### Referencias bibliográficas

Rojas, K., & Jamilette, P. (2004). *Uso, reúso y reciclaje del agua residual en una vivienda*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.

Monroy Mahecha, K. M. (2010). *Evaluación de la eficiencia de las técnicas aeróbicas (burbuja fina, burbuja gruesa y aireador venturi jet) a utilizar en el tratamiento de agua residual domicial para el sistema de lodos activados en modalidad aireación extendida*. (Tesis de Ingeniería Química) Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos. Acuerdo Gubernativo 236-2006, (5 de mayo de 2006). Recuperado de: <http://vestex.com.gt/wp-content/uploads/2015/04/Reglamento-descargas-de-aguas-residuales-AG236-2006.pdf>

Prado, P.; Hernández, V.; Coj, M.I; Pineda, I. (2010) Informe: Programa sobre Competitividad y Desarrollo Sostenible. El sector textil y confección y el desarrollo sostenible en Guatemala. Ginebra, Suiza. El Centro Internacional para el Comercio y Desarrollo Sostenible.

Torres, P. (2001). Tendencias en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Ciudad Universitaria Meléndez. Santiago de Cali, Colombia.: Universidad del Valle.



---

**PROPUESTA DE UN MODELO MÍNIMO DE CENTRO DE ACOPIO  
PARA DESECHOS SÓLIDOS, CASO VALIDADO EN EL MERCADO MUNICIPAL  
DE CASILLAS, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA, GUATEMALA**

---

**Karla Ivonne Rodríguez Quiñónez**

Mtra. en Ingeniería para el Desarrollo Municipal  
rodriguezki3@gmail.com

**Luis Estuardo Ovando Lavagnino**

Asesor  
Mtro. en Planificación y Gestión Urbana  
luis.ovando@gmail.com

## Resumen

En el municipio de Casillas, uno de los principales factores de contaminación es la acumulación de desechos sólidos en los locales comerciales del mercado municipal. La inexistencia de un vertedero para la concentración de estos desechos, obliga a los locatarios de este mercado a acumularlos en lugares inadecuados hasta que sean recogidos por el tren de aseo, por lo que los desechos se vuelven sensibles, provocando focos de contaminación por la proliferación de moscas y malos olores.

La implementación de un centro de acopio para el manejo eficiente de los desechos sólidos generados en el mercado municipal, contribuirá a disminuir la contaminación y al mismo tiempo a la obtención de recursos económicos y financieros para mitigar las necesidades del municipio. La propuesta para la implementación de un centro de acopio para desechos sólidos, puede ser un valioso ejemplo como aporte de la Maestría en Ingeniería para el Desarrollo Municipal, para las municipalidades que tengan el problema de contaminación por la acumulación de desechos tanto en los mercados como los vertederos municipales.

## Palabras clave

Reciclaje, contaminación ambiental, sólidos, gestión integral de residuos sólidos.

## Abstract

*In the municipality of Casillas, one of the principal factors is the accumulation of solid waste in the business premises of the municipal market. The nonexistence of a dump for the concentration of this waste, forces to the lessees of this market to accumulating them in inadequate places until they are gathered by the train of bathroom, for what the waste becomes sensitive, provoking areas of pollution by the proliferation of flies and bad smells.*

*The implementation of a center of collection for the efficient managing of the solid waste generated in the municipal market, it will help to diminish the pollution and at the same time to the obtaining of economic and financial resources to mitigate the needs of the municipality.*

*The offer for the implementation of a center of collection for solid waste, can be a valuable example as contribution of the Mastery in Engineering For The Municipal Development, for the municipalities that have the problem of pollution by the accumulation of waste so much on the markets as the municipal dumps.*

## Keywords

*Recycling, environmental pollution, solid residues, integral management of solid residues.*



## Desarrollo del estudio

La confluencia de la gente procedente de las aldeas y del casco urbano, imprime una dinámica comercial que origina diariamente una cantidad considerable de desechos, los que amontonan en los locales del mercado municipal. La descomposición de los desechos sólidos y líquidos, produce proliferación de moscas y malos olores amenazando la salud de las personas que a diario lo visitan.

Desde el punto de vista de la gestión municipal, el manejo de los desechos sólidos en beneficio de la salubridad es una competencia de la municipalidad por lo que es inconveniente que la acumulación de basuras en cada local continúe, lo que hace necesario tomar medidas adecuadas para que la actividad comercial del mercado se desarrolle sin contaminación y sin amenazas a la salud de los habitantes del municipio. Por tanto, se deben tomar acciones inmediatas al poner en marcha estrategias de educación ambiental enfocadas en la construcción e instalación de un centro de acopio, que dé tratamiento desde la generación hasta clasificación antes de su disposición final, fomentando actividades de rescate y aprovechamiento.

Con la construcción de un centro de acopio estos desechos además de ser recolectados, reciclados y reutilizados, pueden ser comercializados por medio de la incorporación de empresas municipales auto sostenibles, con el fin de disminuir el volumen de residuos enviados al botadero y a fin de contribuir con la gestión ambiental del municipio y mantener el mercado como un lugar agradable para los vecinos de Casillas y las personas que lo visitan.

El proyecto se llevó a cabo con el tipo de investigación cuali-cuantitativa. Los resultados se integraron por medio de descripción, registro y análisis del problema ambiental; originado por la falta de un lugar adecuado para el almacenamiento de los residuos sólidos generados en el mercado municipal.

Se planteó como respuesta a la pregunta principal la siguiente aseveración: Los residuos sólidos procedentes del mercado municipal de Casillas,

requieren de un espacio adecuado donde puedan ser almacenados, separados y clasificados antes de su disposición, que para este caso, se denominó centro de acopio para desechos sólidos, analizando las causas y efectos del mal manejo que existe con los desechos sólidos generados en el mercado municipal.

Se buscó que la municipalidad del municipio conociera el problema que existe por la acumulación de los desechos del mercado, visualizándoles la problemática ambiental que se está generando, con la finalidad de orientar a la población de dicho mercado a despertar la conciencia y a formar una cultura de manejo eficiente de aquellos desechos que generalmente se denominan como basura.

La propuesta técnica de construcción de un centro de acopio ambientalmente compatible y socialmente viable; además, se buscó conocer la demanda de este tipo de proyectos, realizando visitas al mercado municipal y recopilación de datos históricos y de salubridad del municipio; observándose que la contaminación por acumulación de los desechos por parte de los inquilinos del mercado como las personas que a diario lo visitan, sea uno de los indicadores que tiene la mayor parte de incidencia, siendo que la mala administración municipal en el manejo del tren de aseo sea la otra parte que ha hecho que el problema de la contaminación se exceda.

Se describió cómo la implementación de un centro de acopio es una buena alternativa para el manejo adecuado de los desechos generados en los diferentes mercados municipales, ya que estos se convierten en proyectos piloto de lugares aptos para la recolección, clasificación y comercialización de los desechos de una forma segura y adecuada, además de ser una de las opciones de inversión de menos costo en la incorporación de empresas municipales generadoras de ingresos económicamente viables y autosostenibles.

## Resultados obtenidos

El propósito de este proyecto es modernizar la gestión de la municipalidad, en el manejo integral de los desechos sólidos, por medio de la implementación de un centro de acopio como el que se diseñó. Además, esta propuesta ambientalmente compatible y socialmente viable, tiene bases técnicas que involucran la pronta implementación de resultados y análisis presupuestarios para que se adjunte al Plan Operativo Anual (POA) del municipio de Casillas, y se dé apoyo constante en las soluciones a esta problemáticas en los años venideros.

El proyecto de centro de acopio de desechos sólidos aplica técnicas de reciclaje que permitirán recolectar todos los desechos sólidos que a diario se generan, en un lugar adecuado donde puedan ser separados, clasificados y comercializados; todo esto, con el fin de evitar que los desechos sólidos sean acumulados en los locales del mercado; además de contribuir a reducir el volumen de desechos que son llevados al vertedero municipal en su disposición final.

Este proyecto tiene la visión que la municipalidad de Casillas, no vea la basura como un desperdicio, sino como un facilitador para la creación de una nueva empresa que además de contribuir al ambiente y a la salud, sea fuente generadora de empleo e ingresos para la población. Se analizó la forma en la que llevan a cabo la gestión de los desechos sólidos en el tratamiento, almacenamiento y recolección, así como los recursos con que se dispone, dando como resultado una propuesta final, como un aporte de la Maestría en Ingeniería para el Desarrollo Municipal al municipio de Casillas, Santa Rosa.

Para hacer el análisis de la cantidad de los desechos sólidos que son generados en el mercado municipal de Casillas, fueron necesarias hacer varias muestras *in situ*, recolectadas de los 21 locales comerciales que forman parte de dicho mercado en un día normal donde se obtuvo como resultado el peso de los desechos sólidos por día y por semana.

Tabla I. *Tasas de producción de desechos en el mercado municipal.*

Tipo de residuo	Peso en lb (1 día)	Peso en lb (7 días)	Porcentaje %
MATERIA ORGÁNICA	102.5	721.7	51
PLÁSTICO	46.7	326.9	23
PAPEL	31	217	15
LATA+ VIDRIO	18.3	128.1	9
CARTÓN	4	28	2

Fuente: elaboración propia (2015).

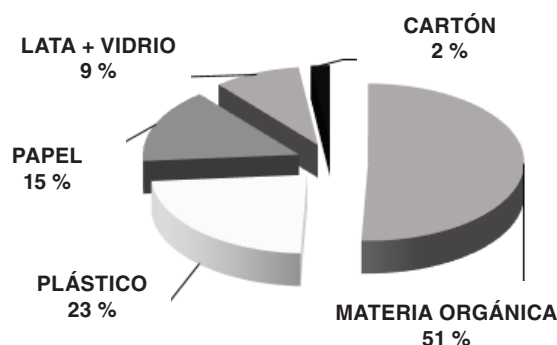


Figura 1. Porcentaje de muestras según tipo. Fuente: elaboración propia (2015).

Tabla II. *Volúmenes de almacenamiento de desechos sólidos.*

Tipo de muestra	kg/día	kg/semana	volumen m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
MATERIA ORGÁNICA	6.66	46.59	0.77	260.2
PLÁSTICO	3.03	21.23	0.45	95.1
PAPEL	2.01	14.09	0.31	94.3
LATA+ VIDRIO	1.19	8.32	0.14	59.4
CARTÓN	0.26	1.82	0.07	26.0

Fuente: elaboración propia (2015).

Dentro de las alternativas para la construcción de un modelo mínimo de centro de acopio para los desechos sólidos municipales, será necesario tomar en consideración los siguientes criterios:

- Legales
- Localización
- Dimensionamiento
- Diseño y construcción
- Equipos mínimos requeridos
- Seguridad industrial

Para la propuesta de construcción de un modelo mínimo de centro de acopio para desechos sólidos, será necesario tomar en consideración las siguientes áreas mínimas:

- Recolección de residuos (8.00 m<sup>2</sup>)
- Clasificación de residuos (31.00 m<sup>2</sup>)
- Lavado de material reutilizable (17.00 m<sup>2</sup>)
- Almacenamiento (38.00 m<sup>2</sup>)
- Circulación (73.25 m<sup>2</sup>)
- Administrativa (13.50 m<sup>2</sup>)
- Servicios (9.25 m<sup>2</sup>)
- Recolección de material clasificado (52.00 m<sup>2</sup>)

La función del área de recolección de residuos será la recolección de los residuos ya clasificados, según sea el tipo:

- Materia orgánica (contenedor negro)
- Plástico (contenedor verde)
- Vidrio (contenedor rojo)
- Papel (contenedor azul)
- Metal (contenedor amarillo)
- Bricks (contenedor naranja)
- Baterías/otros (contenedor blanco)

En la clasificación primaria (área de lavado de material) se determina cuáles de estos materiales podrán ser recuperables y pasarán al lavado de material.

- a. Plástico      b. Metal      c. Vidrio

En la clasificación secundaria, (área de almacenamiento), se procederá a la individualización de los materiales reusables y no reusables según sus características.

#### **Específica para depósito temporal de material reciclado reutilizable y no reutilizable**

El área de recolección de material clasificado es específica de entrega de material ya clasificado en reusable y no reusable para su comercialización o disposición final.

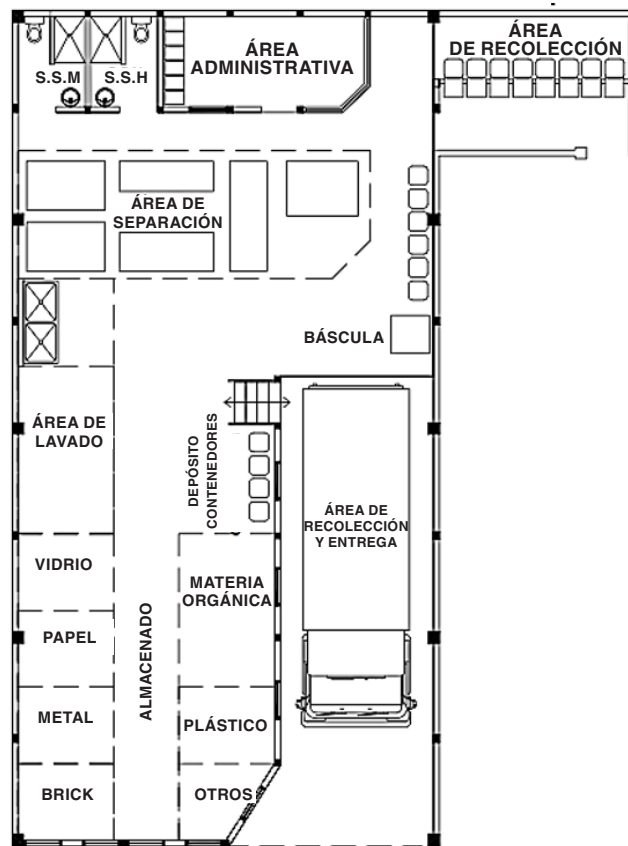


Figura 2. Distribución del centro de acopio.

Fuente: elaboración propia (2015).

Las áreas auxiliares serán las indicadas para la circulación, administración y servicios. La circulación interna del centro de acopio deberá estar libre de obstáculos, no deben encontrarse aglomeración de materiales ni contenedores.

Las técnicas a utilizar para el manejo adecuado de los desechos sólidos en el centro de acopio serán:

#### **Separación y clasificación de reciclaje**

El equipo para el funcionamiento del centro de acopio será por maquinaria y la mayor parte del trabajo por medio de operación manual en la clasificación y separación de los desechos como plástico, vidrio y latas. El objetivo de tener la operación manual es reducir los costos de mantenimiento y de operación del centro de acopio.

El equipo mínimo a utilizar será el siguiente:

- Mesas
- Báscula
- Carretillas manuales
- Montacargas
- Herramientas de mano
- Manguera con equipo hidroneumático
- Flejadora manual
- Cajas de madera
- Contenedores
- Tarimas de madera
- Equipo para corte (soplete y tanques)
- Sierra circular
- Camiones de carga
- Tambos y toneles
- Escobas y cepillos
- Trapeadores y mopas
- Overoles, cascos, guantes, mascarillas y botas
- Botiquín de primeros auxilios

### **Discusión de resultados**

El resultado de la investigación enfatiza que es urgente la implementación de una propuesta para la construcción de un centro de acopio para los desechos sólidos del mercado municipal de Casillas. Los beneficios lógicos que ofrece forman parte de las aspiraciones de la población, lo que implica que la realización de esta propuesta, dará al municipio la oportunidad de colocarse en una posición privilegiada con relación a las municipalidades que trabajan y trabajaron conscientemente y en concordancia con la consecución de los objetivos del milenio, especialmente en el mejoramiento de la salud, la educación y medio ambiente.

En el caso de la implementación del centro de acopio que se pretende para el municipio de Casillas, reúne todas las ventajas y condiciones políticas y culturales para realizarse de la mejor manera.

Dado que la población y la municipalidad tienen la experiencia suficiente, gracias a otros proyectos de desarrollo ejecutados, como el edificio municipal, asfalto y pavimentado de calles, drenajes y agua potable, tanto en el casco urbano como en las comunidades rurales, lo que garantiza que el proyecto tiene más visos de realización que de no realización.

El modelo que se presenta, servirá de ejemplo en cuanto a la utilización de recursos y aprovechamiento de los desechos, tanto en el mercado municipal como los que se generen en todo el municipio, constituyéndose éste, en un modelo especial para que ser incorporados en otras municipalidades del departamento y del país, y experimenten lo beneficioso que resulta la integración de la municipalidad y población tanto directa como indirecta, en alianza estratégica público-privada.

Se espera que la generación de estos desechos no sea un problema de acumulación, por la poca frecuencia de recolección, más bien que estos sean almacenados, separados y clasificados en un lugar donde puedan darle un manejo adecuado antes de su disposición final, y a su vez, se conviertan en una fuente de financiamiento por medio de una empresa municipal auto sostenible comercializadora de desechos municipales. En el año 2015, la demanda del material reciclado puede ser tanto nacional como internacional, pues muchos de los materiales que son utilizados en el país son requeridos por otros países de Latino América para su materia prima por los bajos costos.

### **Conclusiones**

1. En el mercado municipal de Casillas, Santa Rosa, la inexistencia de un lugar adecuado para la concentración de los desechos sólidos que a diario se generan, es uno de los principales factores de contaminación que afectan al ambiente y a la salud, ya que obliga a los locatarios del mercado a acumular sus desechos por varios días.
2. El funcionamiento administrativo por parte

de la municipalidad en el manejo adecuado de los desechos sólidos generados en el mercado municipal, es ineficiente, pues solo consiste en la recolección de los desechos una vez por semana, por medio de la subcontratación de una empresa privada de tren de aseo.

3. La carencia de estudios de impacto ambiental que divulguen la problemática que existe por la acumulación de los desechos sólidos en los locales del mercado municipal, ocasiona vulnerabilidad al deterioro de la salud, del ambiente y del paisaje.
4. La implementación de un centro de acopio para el manejo eficiente de los desechos sólidos generados en el mercado municipal de Casillas, debe ser un proyecto prioritario por sus implicaciones en el deterioro de la salud y el medio ambiente, lo que implica que debe incorporarse de manera inmediata a los planes y programas de desarrollo de la municipalidad, debidamente visibilizados y siguiendo las normativas nacionales vigentes para gestionar su pronta ejecución.

### Recomendaciones

1. Proponer a la municipalidad de Casillas, Santa Rosa, por medio de un modelo mínimo, la construcción de un centro de acopio para el manejo eficiente de los desechos sólidos que sean generados en el mercado municipal, para evitar los impactos negativos por la contaminación que afecta la salud, el ambiente y el paisaje del municipio.
2. Mejorar el funcionamiento administrativo por parte de la municipalidad en cuanto a la recolección, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos generados en el mercado municipal de Casillas, Santa Rosa, aumentando la cantidad de vehículos del tren de aseo, para que este servicio sea brindado con mayor frecuencia y evitar la acumulación de los desechos por varios días.
3. La municipalidad deberá gestionar de manera

inmediata con los entes y organizaciones correspondientes, la realización de estudios de impacto ambiental previo a realizar lo que está contemplado en el proyecto que se presenta y a las normativas nacionales vigentes.

4. Que la municipalidad construya el centro de acopio diseñado en el presente trabajo de graduación, para tratar los desechos sólidos generados en el mercado municipal de manera inmediata, para evitar su acumulación diaria en los locales que da en alquiler y gestionar de manera inmediata ante la Asociación Nacional de Municipalidades (ANAM) y otras agencias financieras, comunidades internacionales y ONG, los fondos necesarios para la construcción a corto plazo del proyecto propuesto.

### Referencias bibliográficas

- Agencia de los Estados Unidos de América para el Desarrollo Internacional (USAID). (2003). *Guía para la Gestión del Manejo de Residuos Sólidos Municipales*.
- Artarz, M. (2010). *Políticas Públicas para una Gestión Sostenible de los Residuos Municipales*. (Tesis). Universidad del País Vasco. Departamento de Economía aplicada V. Victoria-Gasteiz.
- Cooperativa Autogestionaria de conservación ambiental de mujeres de Palmares R.L. (COOPECAMP). (2010). *Construcción de un centro de acopio de residuos sólidos re-utilizables, en el cantón de Palmares, Alajuela y operación del mismo a cargo de un grupo cooperativo*. Costa Rica: COOPECAMP.
- García, X. (2013) *Herramienta para la reducción de residuos sólidos en los proyectos de construcción*. (Tesis doctoral). Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Artes.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia SEGEPLAN (2010). *Plan de Desarrollo Municipal de Casillas, Santa Rosa*. Guatemala: SEGEPLAN.



---

## SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA QUE CONSUME LA POBLACIÓN URBANA DEL MUNICIPIO DE EL PROGRESO, JUTIAPA, BASADO EN LA METODOLOGÍA DEL PLAN DE SEGURIDAD PARA CALIDAD DEL AGUA DE LA OMS

---

**Rómulo Enock Salguero Salvador**

Mtro. en Ingeniería para el Desarrollo Municipal  
resalgueros@hotmail.com

**Renato Giovanni Ponciano Sandoval**

Asesor  
Mtro. en Ciencia y Tecnología  
diplomadoesap.ingenieria@gmail.com

### Resumen

En la presente investigación, se realizó una evaluación del sistema de distribución de agua del municipio El Progreso, Jutiapa y se comparó con la metodología del Plan de Seguridad del Agua de la OMS, con el objetivo de establecer un sistema de distribución de agua que garantice la sostenibilidad de la calidad del vital líquido que se consume.

El estudio consistió en visitas de campo y entrevistas al personal de la Oficina Municipal de Agua y un muestreo de agua para evaluar la microbiología y fisicoquímica en diferentes puntos del sistema. Los resultados obtenidos de la calidad del agua cumplen con la norma COGUANOR NTG 29001, 2010, Agua para Consumo Humano. Los Planes de Seguridad del Agua (PSA), aseguran un sistema de distribución de agua apta para consumo humano, debido a que evalúa y gestiona los riesgos en los sistemas de abastecimiento para proteger la salud pública.

### Palabras clave

Sistema de Distribución de Agua, agua potable, COGUANOR NTG 29001 2010, Plan de Seguridad del Agua.

### Abstract

*The present research work is an evaluation of the water distribution system in El Progreso, Jutiapa compared to the methodology of Water Safety Plans of WHO to establish a water distribution system that guarantee the sustainability of the water quality for human consumption.*

*The study consisted in visiting the place, and interviewing personal of the Water Municipal Office, and water sampling to evaluate the microbiology and physicochemical properties in different points of the water system. The results obtained of the water quality comply with the standard COGUANOR NTG 29001, 2010, Water for Human Consumption. The Water Safety Plans (WSP), assure a water distribution system that always supplies safe drinking water, because evaluates and manages the risk in the supply system to protect public health.*

### Keywords

*Water Distribution System, drinking water, COGUANOR NTG 29001 2010, Water Safety Plans.*



## Desarrollo del estudio

Con el presente estudio se analiza cómo es el sistema de distribución de agua en el área urbana del municipio de El Progreso, Jutiapa, y se elaboran observaciones para mejorarlo según lo establecen el Plan de Seguridad del Agua de la OMS. El problema consiste en resolver las dificultades con la calidad del agua, para evitar que se contamine en cualquier punto del sistema y asegurarle el servicio de abastecimiento durante las 24 horas del día a la población.

Se presentan los resultados obtenidos de la calidad del agua que se está suministrando a la población y se determina si el sistema de distribución cumple con lo establecido en un plan de seguridad del agua.

La investigación consistió en realizar trabajo de campo, evaluar el sistema de distribución de agua que en el año 2014 tenía el área urbana del municipio de El Progreso, Jutiapa, para lo cual se entrevistó al personal de la Oficina Municipal de Agua.

El estudio que se desarrolló en la presente investigación es de tipo descriptivo y se utilizaron técnicas experimentales, en las cuales se analizaron los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos del agua.

Se describió el sistema de distribución de agua del área urbana del municipio de El Progreso, Jutiapa, según la información proporcionada y se compararon con lo establecido en un Plan de Seguridad del Agua. Se efectuó un muestreo, tomando muestras de agua en diferentes puntos del sistema, y se les realizó tanto análisis microbiológicos como fisicoquímicos para determinar su calidad.

Con los resultados obtenidos de las entrevistas y de los análisis de las muestras tomadas, se obtuvo la información necesaria para comparar el sistema de distribución de agua actual, con el propuesto por un Plan de Seguridad del Agua, así se pudo determinar las mejoras que se le deben hacer al sistema de distribución, así como las medidas de control que deben tomarse en todas las etapas, para evitar que el agua se contamine en cualquier punto y ga-

rantizarle a la población que sea potable siempre.

## Resultados obtenidos

En la Tabla I, se presentan los resultados de los análisis bacteriológicos del agua de los diferentes lugares seleccionados del sistema de distribución de agua del área urbana del municipio de El Progreso, Jutiapa, según los datos de los ensayos realizados por el Laboratorio de Aguas del Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Tabla I. *Resultados del examen bacteriológico.*

Lugar de muestreo	Microorganismo	
	Coliforme total / 100ml	Coliforme fecal a 44,5°C/100ml
Tanque El Inde	<2	<2
Tanque La Lomita	<2	<2
Pozo Las Flores II	<2	<2
Tanque Las Flores	<2	<2
Zona 1	<2	<2
Zona 2	<2	<2
Zona 3	<2	<2

Fuente: elaboración propia, con base en reporte de laboratorio Centro de Investigaciones Facultad de Ingeniería.

En la Figura 1, se muestran los resultados del cloro residual encontrado en las muestras tomadas en los diferentes puntos del sistema de distribución de agua del área urbana del municipio.

En la Figura 2 se indican los resultados de la dureza total del agua, obtenidos de las diferentes muestras analizadas en el laboratorio.

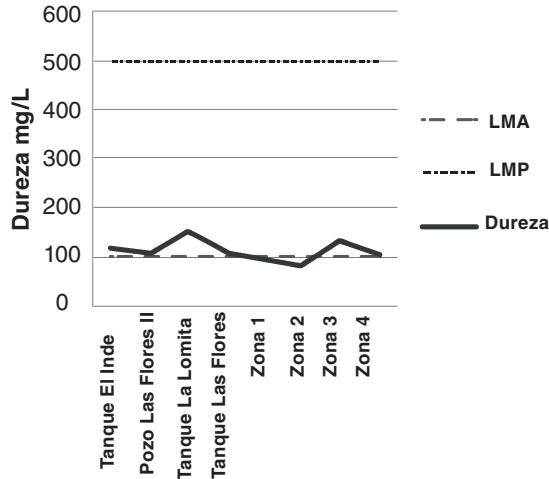


Figura 1. Cloro residual.

Fuente: elaboración propia.

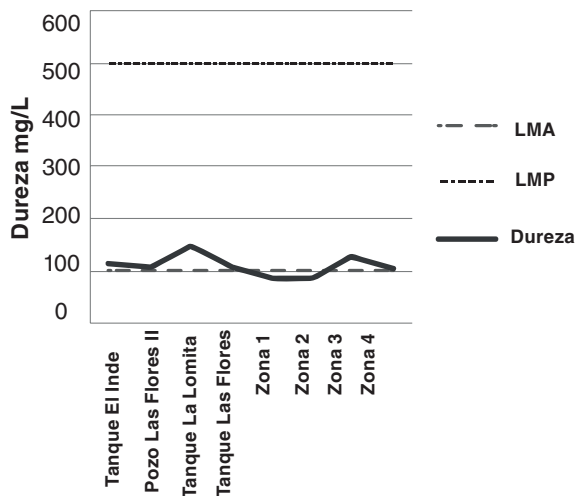


Figura 2. Dureza total del agua.

Fuente: elaboración propia.

## Discusión de resultados

### 1. Parámetros microbiológicos

Los análisis bacteriológicos realizados a las muestras de agua tomadas en los diferentes puntos del sistema de distribución mostrados en la Tabla I, indican que el agua que está consumiendo la población del área urbana del municipio de El Progreso, Jutiapa, bacteriológicamente es potable, según lo especificado en la norma COGUANOR NTG 29001; por lo que se puede decir que el agua con respecto a estos parámetros es apta para consumo humano, debido a que no se detectó la presencia

de microorganismos del grupo coniformes y que en el trayecto del tanque de distribución hacia las casas, no se está contaminando de ningún microorganismo que pueda causar enfermedades de tipo gastrointestinal a las personas que la consumen.

### 2. Parámetros fisicoquímicos

Los resultados obtenidos del agua analizada tomada del área urbana del municipio de El Progreso, Jutiapa, indican que los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites máximos aceptables de normalidad, según las especificaciones de la norma COGUANOR NTG 29001, por lo que el agua puede considerarse apta para consumo humano desde este punto de vista.

Es importante destacar que el cloro residual encontrado en las casas particulares donde se tomaron muestras es considerado bajo, como se muestra en la Figura 1, por lo que existe el riesgo debido al poco cloro que se le suministra, en el trayecto de la distribución pueda existir crecimiento de bacterias que pudiesen afectar la salud de la población al consumir el agua, aunque no se haya detectado la presencia de microorganismos patógenos.

Con respecto a la dureza total, en la Figura 2, los resultados muestran que el agua de las casas de las zonas 3 y 4, están por arriba del límite máximo aceptable, pero no exceden del límite máximo permitido, lo cual indica que no presentan ningún peligro para la salud de los consumidores, pero sí varían levemente las características sensoriales del agua.

### 3. Parámetros físicos

Entre las propiedades físicas analizadas se encuentra que los sólidos totales se encuentran en un intervalo entre 126 y 167 mg/L y el límite máximo aceptable es de 500 mg/L y el límite máximo permitido es de 1,000.0 mg/L, lo que indica que los sólidos no tienen influencia en el sabor del agua y tampoco pueden causar algún malestar en las personas que la ingieran.

La conductividad eléctrica es otro de los parámetros utilizados y los valores se encuentran en el inter-

valo de 204 a 279  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y la norma COGUANOR NTG 29001, establece como LMA y LMP 750 y 1,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente, lo que indica según los valores obtenidos, que la cantidad de sales y minerales disueltos en el agua es baja, por lo que no representa riesgo para la salud del consumidor.

Al analizar el potencial de Hidrógeno (pH), se pudo observar que existen valores que están por debajo de los LMA, lo cual indica que podrían estar afectando ligeramente el sabor del agua, pero sin representar ningún riesgo para la salud.

### Conclusiones

1. El diseño de gestión de la calidad del agua que consume la población urbana del municipio de El Progreso, Jutiapa, propuesto en el presente estudio, garantiza la calidad del agua tanto en condiciones normales de funcionamiento, como en casos de emergencia.
2. Al evaluar la calidad del agua del sistema de abastecimiento que consume la población urbana del municipio de El Progreso, Jutiapa, según el Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, es apta para el consumo humano, debido a que cumple con los requisitos mínimos de calidad, tanto para los análisis físicoquímicos como para los microbiológicos, establecidos en la norma COGUANOR NTG 29001. Agua Potable. Especificaciones.
3. Las medidas de control que se tienen para reducir la contaminación del agua que consume la población urbana del municipio de El Progreso, Jutiapa, están siendo efectivas, porque no se detectó la presencia de microorganismos que contaminen el agua.
4. Se carece de procedimientos documentados para el funcionamiento normal y en caso de emergencias, que garanticen la calidad del agua para consumo humano en el área urbana del municipio de El Progreso, Jutiapa.

### Recomendaciones

1. La implementación de un Plan de Seguridad de Agua, de acuerdo con los lineamientos de la Organización Mundial para la Salud, debido a que son estrategias de tipo preventivo que siempre asegurarán agua de calidad para consumo humano a la población.
2. Elaborar toda la documentación necesaria del sistema de distribución de agua, para brindarle confianza a la población sobre las condiciones en que se encuentra el agua que se consume, porque los procedimientos se realizarán de la misma manera siempre sin importar que sean distintas las personas que lo realicen.
3. Establecer una programación para el monitoreo y control de los análisis de calidad del agua de manera periódica por parte de la Oficina Municipal del Agua, para tener certeza que el agua que se le está brindando a la población es apta para consumo humano.
4. Realizar pruebas del cloro suministrado, para conocer cuál es la cantidad óptima que debe incrementar para subir los niveles encontrados en la zona 1 y 2.

### Referencias bibliográficas

- Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) NTG 29001 (2010). *Agua para Consumo humano (agua potable). Especificaciones*. Guatemala: Ministerio de Economía.
- Organización Mundial de la Salud (2009). *Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua. Metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo*. Ginebra: OMS.
- Organización Mundial de la Salud (2006). *Guidelines for Drinking Water Quality*. (3a ed.). Ginebra: OMS.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN), (2011). *Plan de desarrollo Municipal de El Progreso, Jutiapa*. Guatemala: SEGEPLAN/DPT2011.

---

## DIFERENCIAS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS EN ARCILLAS, DE TRES FORMACIONES GEOLÓGICAS, DISTRIBUIDAS EN EL BLOQUE CHORTÍ, REPÚBLICA DE GUATEMALA.

---

**Sergio Antonio Castellanos López**

Mtro. en Ingeniería Geotécnica  
civilcastellanos@gmail.com

**Julio Roberto Luna Aroche**

Asesor  
Mtro. en Ciencias con Especialidad en Geología  
jlunaarocha@yahoo.com

### Resumen

El problema de las arcillas en la cimentación y anclajes de obras en macizos arcillosos recae en sus propiedades mecánicas, al ser un material cohesivo puede causar asentamientos o hinchamientos en los proyectos.

El presente trabajo de investigación se centra en determinar las diferencias de las propiedades físico-mecánicas en arcillas clasificadas, mediante su composición químico-mineralógica, por medio del análisis teórico retrospectivo, el estudio experimental, la obtención de muestras y análisis de las mismas tanto con ensayos químicos (ICP), como mecánicos (límites de Atterberg, corte directo, granulometría por sedimentación y permeabilidad) para determinar el tipo de tratamiento recomendado y evitar trastornos en obras civiles y geotécnicas.

Los resultados de la investigación son tablas comparativas que permiten conocer el comportamiento mecánico del material en el suelo y macizos rocosos al momento de intervenirlos para la construcción de una obra civil o geotécnica, basado en la posición geológica de donde provenga.

### Palabras clave

Arcilla, formación geológica, propiedades físico-mecánicas, propiedades químico-mineralógicas.

### Abstract

*The problem of clays on the foundation engineering and anchors works on clay soils falls on its mechanical properties because being a cohesive material can cause settlements or swellings in engineering works.*

*The present research work focuses on determining differences in the physical-mechanical properties of classified clays by their chemical-mineralogical composition through retrospective theoretical analysis, experimental study, sampling and analysis of them both chemical assays (ICP) and mechanical (Atterberg limits, direct shear, particle size by sedimentation and permeability) to determine the type of recommended treatment to avoid civil engineering and geotechnical projects disorders.*

*The results of this research work are comparative tables that provide insight into the mechanical behavior of the material in the soil and rock upon intervention for the construction of a civil or geotechnical work, based on the geological solid position in which it was originated.*

### Keywords

*Clay, geological formation, physical and mechanical properties, chemical-mineralogical properties.*

## Desarrollo del estudio

Se conoce que las propiedades mineralógicas de las arcillas hacen variar su color y su textura, por lo que es importante conocer si dichas propiedades hacen que los valores de resistencia mecánica sean distintos dependiendo del grupo mineralógico al que pertenecen, esto con el fin de identificar, qué método de estabilización de suelo utilizar al momento de encontrarlas, previo a la construcción de una obra.

La presencia de arcilla en las diferentes obras de ingeniería puede afectar las mismas hasta llevarlas al colapso. Al momento de cimentar una obra sobre estratos arcillosos, éstas pueden causar asentamientos diferenciales que afecten estructuralmente la construcción de manera leve o bien en grandes magnitudes, dependiendo de las propiedades del suelo arcilloso. Estas varían según su formación geológica y del grado de saturación de la misma al momento de construir los cimientos.

La investigación completa de la composición química de un mineral o roca incluye: primero, la identificación de los elementos presentes por análisis cualitativo; segundo, la determinación de las cantidades relativas de cada uno por análisis cuantitativo; por último, se podrá calcular la fórmula.

No es la finalidad de esta investigación deducir la fórmula, pero sí determinar la presencia de los diferentes elementos que conforman las arcillas, si se conoce el contenido de éstos en el mineral arcilloso, se hace uso de técnicas ya establecidas para la determinación cuantitativa del porcentaje de los elementos contenidos y realizar una comparación entre ellos, para determinar cuál es el grupo al que pertenecen.

La composición de la arcilla determina también sus propiedades mecánicas, es decir, que depende de la misma, su respuesta ante diversas situaciones a la que puede someterse el suelo varía según del grupo geológico en el que se encuentra. Para determinar dichas propiedades se recurre a ensayos de laboratorio con muestras reconstruidas, para obtener parámetros mínimos de diseño.

Al momento de esta investigación no existe referencia alguna sobre la incidencia de la formación geológica de la roca, en el comportamiento mecánico de la misma, al ser sometida a fuerzas inducidas por obras civiles o geotécnicas, por lo que se obtuvieron muestras de arcilla en tres formaciones geológicas ampliamente distribuidas en la república de Guatemala.

Las muestras fueron sometidas a ensayos de caracterización mineralógica y ensayos físico-mecánicos en laboratorio, con los que se podrá predecir el comportamiento mecánico, soporte del material, forma de estabilización y tratamiento del mismo; la referencia principal es la región o zona geológica en la cual el material es encontrado o extraído.

La síntesis de la investigación se presenta a continuación:

Tabla I. *Síntesis de la investigación.*

Capítulo 1	Capítulo 2
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Generalidades de las arcillas</li> <li>•Descripción general de propiedades químicas y mecánicas de las mismas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Entorno geológico regional (bloque Chortí)</li> <li>•Geología de arcillas seleccionadas dentro de la investigación</li> </ul>
Capítulo 3	Capítulo 4
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Análisis químico-mineralógicos</li> <li>•Análisis físico-mecánicos</li> <li>•Interpretación de resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Presentación y discusión de resultados</li> <li>•Comparación de resultados y propuestas de estabilización de suelos arcillosos</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.



Los resultados de la investigación aportan parámetros mecánicos de grupos específicos de arcillas, a profesionales que diseñen cimentaciones o anclajes en estratos arcillosos, ya que los resultados pueden utilizarse en el proceso de pre dimensionamiento para la cimentación de obras civiles o geotécnicas, tomando dichos valores únicamente como parámetro de comparación, previo a la realización de los estudios correspondientes al proyecto.

Asimismo, se aportan soluciones para el mejoramiento de suelo con sus respectivas ventajas y desventajas para que el diseñador elija la que mejor se adecúe a su proyecto, tanto técnica como económicamente.

### Resultados obtenidos

Por simple inspección se pueden determinar las diferencias cualitativas entre las muestras, sin embargo, para determinar cuál es la variable depen-

diente y cuál es la responsable de la variación en las propiedades cuantitativas, se realizaron correlaciones entre los valores de corte en el suelo, cohesión, límites de Atterberg y consolidación de las mismas, obtenidos mediante ensayos de laboratorio.

Se realizaron correlaciones orientadas a los contenidos de sílice y aluminio respecto a los parámetros obtenidos de la prueba de corte directo, agregando a la investigación valores comparativos respecto a otros trabajos sobre arcillas, realizados fuera de las fronteras de Guatemala.

La Figura 1 muestra que mientras los porcentajes de sílice aumentan, los de aluminio disminuyen, ambos minerales comparados con el ángulo de fricción interna obtenido mediante el ensayo de corte directo.

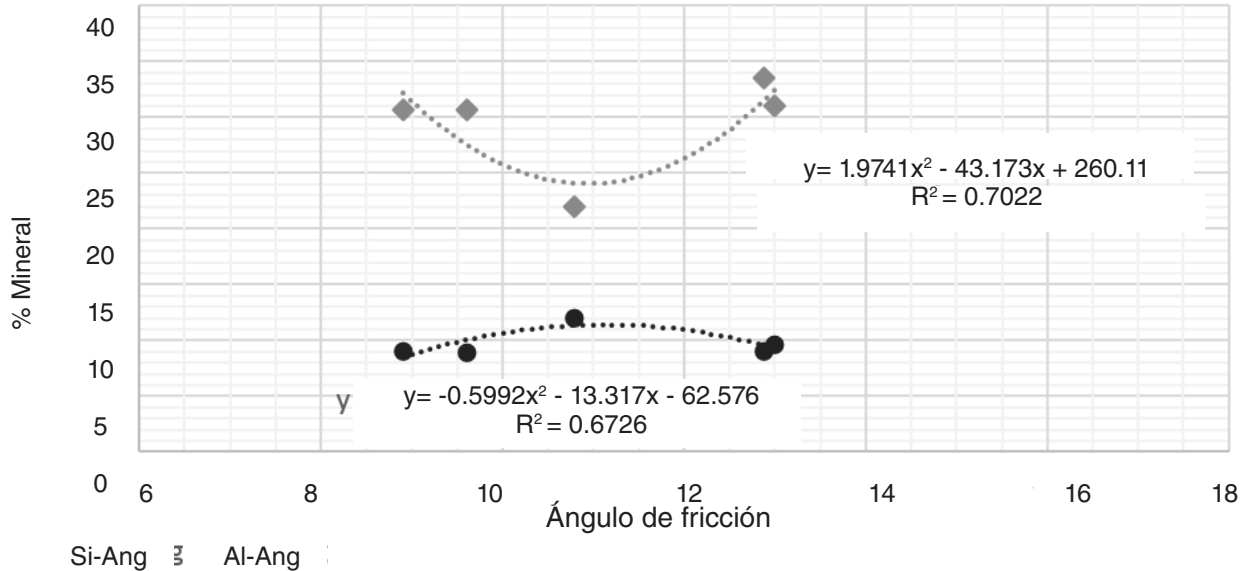


Figura 1. Correlación del ángulo de fricción vrs. contenido de Si y Al.  
Fuente: elaboración propia.



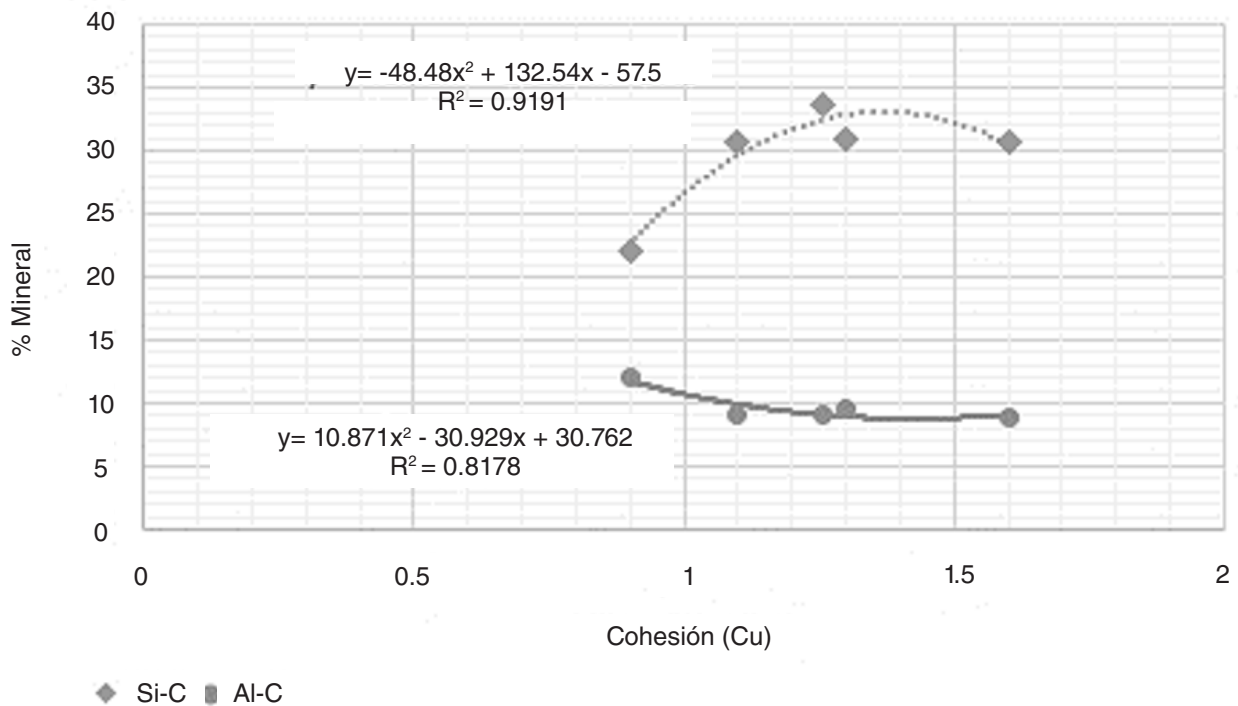


Figura 2. Correlación de cohesión vrs. contenido de Si y Al.  
Fuente: elaboración propia.

Las pruebas se realizaron sobre los dos elementos geológicos predominantes en todas las muestras de arcilla, comprobando que las arcillas con mayor cantidad de aluminio, son mejor materia prima para labores industriales como la cerámica.

Se identificó en la investigación que los factores de meteorización influyen de forma directa en la clasificación geológica de las arcillas, a menor meteorización las mismas presentan mayor plasticidad y viceversa.

Adicionalmente, se calculó un factor denominado “A”, producto de la relación entre los límites de plasticidad y la cantidad de arcilla obtenida en la granulometría, que se utiliza para una clasificación mineralógica preliminar, dato importante al momento de tomar decisiones dentro de los proyectos geotécnicos a ejecutar.

Dicho valor se calcula a partir de una relación sencilla proporcionando los siguientes resultados:

Tabla II. Cálculo de valores A.

Muestra	C	IP	A
M1	52.00	19.00	0.3654
M2a	61.30	29.27	0.4775
M2b	52.00	23.60	0.4538
M3a	52.00	37.20	0.7154
M3b	55.00	30.20	0.5491

Fuente: elaboración propia.

A partir de los valores, existen gráficas que el diseñador y consultor puede emplear para la clasificación de las arcillas.

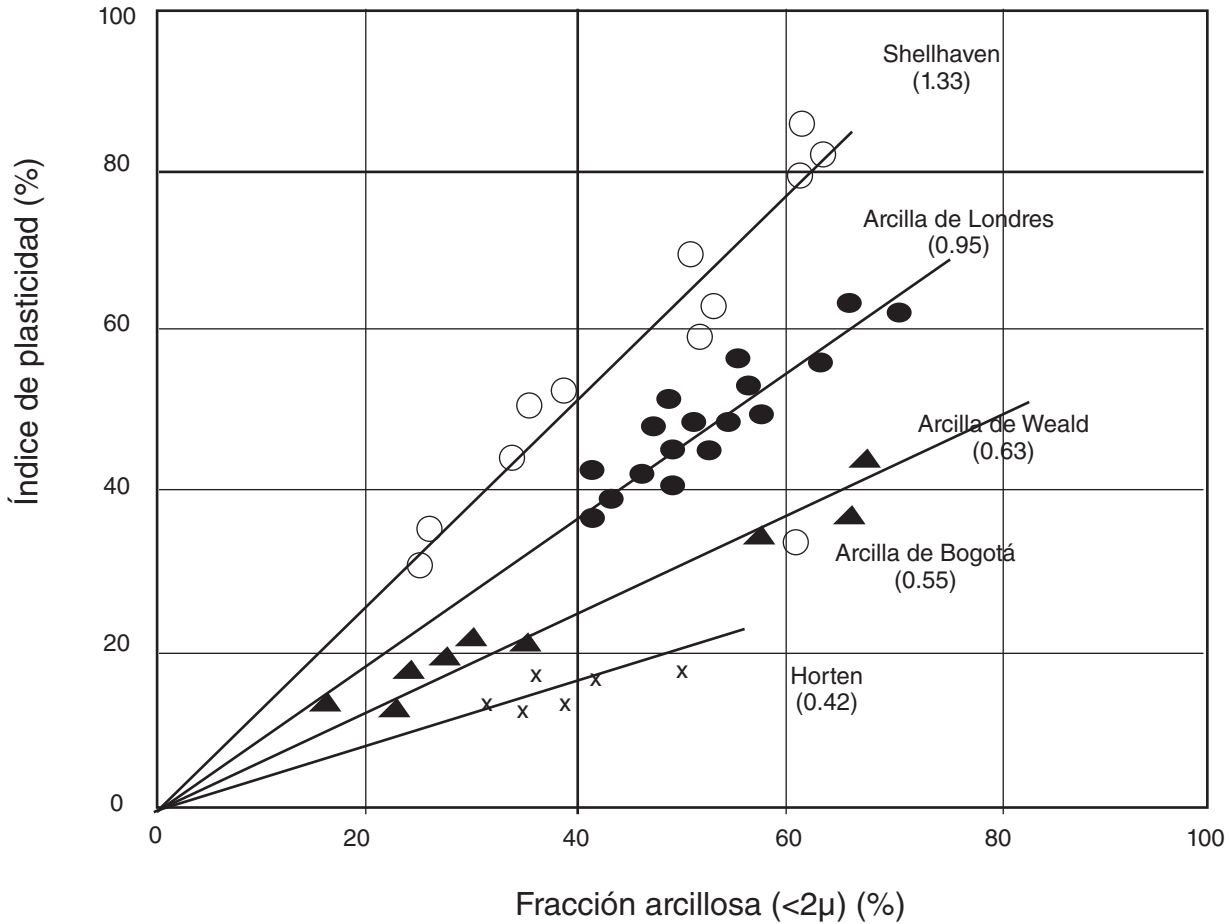


Figura 4. Relación de índice de plasticidad y fracción arcillosa.

Fuente: Ávila, 2004, pág. 38.

La figura anterior, representa con datos reales los niveles de actividad que alcanzan las arcillas en otros lugares, mismos que se toman como base de comparación a los datos presentados en la Tabla I, utilizados como parámetro inicial de comparación y no como datos de diseño.

### Conclusiones

1. Las diferencias de las propiedades mecánicas de las arcillas residuales que se derivan de su formación geológica, son en mayor parte cualitativas, sin embargo, son los procesos de meteorización los que determinan los cambios significativos en las propiedades cuantitativas, mismas que rigen el comportamiento mecánico de éstas.
2. Las diferencias de las propiedades mecánicas de las arcillas derivadas de su formación química-mineralógica son:  
Color, textura, tamaño de grano y trabajabilidad a partir de su formación geológica.  
Plasticidad, resistencia al cortante, humedad y consolidación, derivadas de la meteorización a la que hayan sido sometidas.
3. La relación entre índice de plasticidad y el porcentaje de arcilla (A), en las arcillas investigadas, se encuentra dentro de un rango de 0.36 a 0.71, debido a que las muestras son de tres tipos distintos, la plasticidad de los caolines debido a que su degradación es mucho menor que las otras, reduciendo su porcentaje de sili-

ce y aumentando el de aluminio, característica que hace apto el mineral para fines cerámicos y comerciales.

4. La resistencia al cortante, evaluando cohesión y ángulo de fricción interna de las muestras analizadas en laboratorio y obtenidas mediante ensayos de corte directo en modelos remoldeados en laboratorio, presenta resultados dentro de parámetros conocidos en relación a otros estudios de arcilla. Dicha resistencia no depende del contenido de mineral en las arcillas, depende directamente de factores como humedad, grado de meteorización y estado del macizo en que se encuentre el estrato arcilloso.
5. La antigüedad en las formaciones geológicas, debe utilizarse como parámetro inicial en la evaluación de las arcillas, la misma da una referencia del grado de meteorización al que puedan estar sometidas las muestras; a mayor meteorización, se elevaba la probabilidad de encontrar arcillas del grupo del caolín, mientras que a menores grados de meteorización, existe mayor posibilidad de encontrar montmorillonitas. No todas las muestras de la misma edad geológica presentan las mismas características, dependen del entorno en el cual existan.
6. Las arcillas de alta plasticidad CH, presentan índices por encima del 30 %, a diferencia de las restantes que se encuentran debajo de dicho valor, este parámetro es utilizado para definir a qué grupo pertenecen las muestras.
7. La investigación registra los valores numéricos obtenidos en los ensayos físico-mecánicos y muestra de forma sencilla y sistemática las diferencias entre las muestras de arcilla seleccionadas. En la misma se puede observar que a pesar de que dichos valores son distintitos, están asociados directamente al porcentaje predominante de los minerales que les preceden, producto de la meteorización de los estratos.
8. La presencia de oxidación en las arcillas regularmente es superficial y de fácil remoción,

sin embargo, de encontrarse hierro en la composición de las mismas se debe evaluar como mineral asociado y debe clasificarse dentro de los grupos estructurales mencionados en la presente investigación.

### **Recomendaciones**

1. Cuando se encuentren estratos arcillosos en suelos o macizos rocosos, realizar la caracterización geológica para establecer el grupo estructural al que pertenece la arcilla, así como el grado de meteorización de la misma. Se deben establecer los parámetros principales de éstas, previo a tomar decisiones que afecten el desarrollo de las obras geotécnicas.
2. Al realizar ensayos mecánicos sobre estratos con presencia de arcilla, en lo posible se deben conservar muestras no alteradas, sin embargo, las muestras inalteradas reconstruidas en laboratorio, sirven de parámetro de comparación, no de diseño.
3. Previo a realizar ensayos mecánicos, se debe identificar la zona geológica donde se encuentran depositadas las arcillas, debido a que el contenido de aluminio y otros minerales se encuentra condicionado al tipo de formación del mineral; en zonas metamórficas se encuentran minerales residuales, mientras que en zonas sedimentarias son procesos de meteorización.
4. Las arcillas del bloque Chortí, en su mayor parte residuales, deben ser tratadas e identificadas de forma puntual, debido a que ninguna muestra posee las mismas propiedades. Con las muestras reconstruidas en laboratorio, en los ensayos de corte directo, las humedades se controlan de forma que las arcillas se lleven a condiciones extremas, a fin de que el Ingeniero Geotécnico evalúe qué condición favorece más al momento del diseño.
5. Las arcillas del bloque Maya, en su mayor parte son marinas, éstas presentan condiciones distintas a las evaluadas en la investigación, los resultados aquí expuestos no representan el

comportamiento a esperar en el bloque mencionado, dichas arcillas deben ser sometidas a otros ensayos que evalúen los parámetros geológicos y génesis de las mismas.

6. Los valores presentados en esta investigación, son únicamente comparativos, tal como se planteó a lo largo de la misma, todas las formaciones presentan condiciones distintas, así que los valores expuestos se deben utilizar únicamente como base de comparación para los estudios que el diseñador realice.
7. Siempre que se encuentren estratos o depósitos de arcilla en áreas que serán intervenidas por obras estructurales, viales o de cualquier índole, se deben realizar todos los ensayos descritos en la presente investigación, para tener los parámetros mínimos que permitan tomar decisiones que beneficien dichas obras.

### Referencias bibliográficas

- Bauzá, J. (2006). *El tratamiento de suelos arcillosos mediante cal*. España: Madrid.
- De Pablo, L. (1964). *Las Arcillas. Clasificación, identificación, usos y especificaciones industriales*. México: Boletín, Sociedad geológica Mexicana., 49-92.
- Moya B., J., Salazar F., R., Gómez A., G., & Salazar F, F. (1997). *Excavaciones en condiciones complejas*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Pérez, E. (2000). *Léxico estratigráfico del bloque Chortí en Guatemala*. Cobán: Universitaria.
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1973). *Mecánica de suelos en la ingeniería práctica*. Buenos Aires: El Ateneo.

---

## ESTUDIO DE TRÁNSITO DEL PERIFÉRICO, INICIANDO EN LA ZONA 7 Y FINANLIZANDO EN LA ZONA 8 DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.

---

**Juliane Mcdamara Anleu Hernández**

Mtra. en Ingeniería vial  
anleu\_18@hotmail.com

**Damaris Noemí Monzón Hernández**

Mtra. en Ingeniería Civil  
ing.transportes@yahoo.com

### Resumen

El objetivo de la investigación es determinar por qué existe congestión vehicular en parte del anillo Periférico ubicado entre las estaciones 5+000 y 8+800 de la Ruta Nacional 01 (RN-01), mediante un estudio de Ingeniería de Tránsito, el cual busca determinar la capacidad, nivel de servicio y proponer solución a corto plazo basada en las causas que originan el problema de tránsito lento.

Las técnicas de investigación utilizadas son inspecciones visuales de campo para observar el origen del problema y obtener un aforo de tráfico para luego en gabinete, calcular velocidades de circulación, flujo de tránsito y nivel de servicio, entre otros.

Como resultado se observan que en horas pico (9:00-10:00 y 17:00-18:00), el tráfico aumenta debido a la falta de elementos que hacen segura la carretera como: señalización horizontal y vertical, pasarelas, paradas de buses, etc, provocando reducciones de velocidad que van desde 51 a 0 km/h, lo cual se categoriza con un nivel de servicio tipo "D" el cual es deficiente. Mediante la implementación de la solución planteada a corto plazo, se puede acceder a un nivel de servicio tipo "B" o "C", propio de velocidades de circulación de un anillo periférico, a efecto de prever que con el incremento de tráfico futuro, el tramo caiga en obsolescencia.

### Palabras clave

Carretera, congestión, capacidad, tránsito, nivel de servicio.

### Abstract

*The objective of the research is to determine why there is traffic congestion in the peripheral ring portion located between the stations 5+000 and 8+800 of National Road 01 (RN01), through a study of Traffic Engineering, which seeks determine the capacity, service level and propose short-term based on the causes of the problem of slow transit solution.*

*The research techniques used are visual inspections of field to observe source of the problem and get traffic capacity in office then calculate flow rates, flow of traffic, level of service and others.*

*As a result, note that during peak hours (9: 00:00 and 17: 00- 18:00), increases due to the lack of elements that make up the road as horizontal and vertical signage, walkways, bus stops, etc. Which cause reductions in speed ranging from 51 to 0KPH which is categorized with a level of service "D" which is poor. By implementing the short-term solution raised can access a level of service type "B" or "C", typical of flow rates of a peripheral ring, in order to provide you with increased future traffic, stretch fall into obsolescence.*

### Keywords

*Road congestion, capacity, traffic, level of service.*

## Desarrollo del estudio

La ingeniería de tránsito proporciona métodos que tienden a brindar soluciones a diferentes problemas de congestión. Esto se logra mediante aforos de la vía que registran la información sobre el tipo de vehículos, horarios, características de la vía, entre otros.

El presente estudio se enfoca en obtener datos estadísticos del tránsito existente por medio de aforos, en un determinado sector del anillo periférico ubicado en las estaciones: 5+000 y 8+800 de la ciudad de Quetzaltenango, delimitado desde la rotonda ubicada cerca del Centro Regional de Justicia en el límite de las zonas seis y siete, finalizando en la rotonda de la licorera Botrán, entre las zonas ocho y nueve de la ciudad de Quetzaltenango.

El tramo sirve de ingreso a la ciudad y a la vez es utilizado como vía de paso para usuarios que viajan a los municipios de Salcajá, Olintepeque, San Juan Ostuncalco y los departamentos de San Marcos y Huehuetenango, entre otros.

Mediante el análisis realizado se determinó el volumen de tránsito que circula en la ruta. Con los resultados obtenidos se establece la afluencia vehicular, la capacidad y el nivel de servicio del tramo en estudio.

Los resultados indican que en promedio en las cuatro estaciones establecidas, circulan aproximadamente 8,500 VPD, ésta cantidad de vehículos representan el 48% de capacidad de la vía, pero la circulación en el tramo es lenta debido a la inexistencia de señalización horizontal y vertical, pasarelas, estacionamientos, paradas de buses, semáforos, entre otros. La velocidad de entrada es de 51 KPH pero debido a que existen diversos puntos como intersecciones, parqueos improvisados sobre el lado derecho de la vía, entre otros, que ocasionan demoras a los usuarios teniendo que realizar paradas continuas, por lo que este tramo se considera con un nivel de servicio tipo “D”, que significa poco margen de maniobra para que el conductor recupere la velocidad de diseño.

## Resultados obtenidos

Se estableció la estación “A” como la más crítica debido a la cantidad de vehículos que circulan en el tramo.

Se determinó con base en tabulación por clasificación de vehículos, que el 81 % de los que transitan en el periférico lo constituyen vehículos livianos y el 19 % restante lo constituye el transporte pesado, como se observa en la Figura 1.

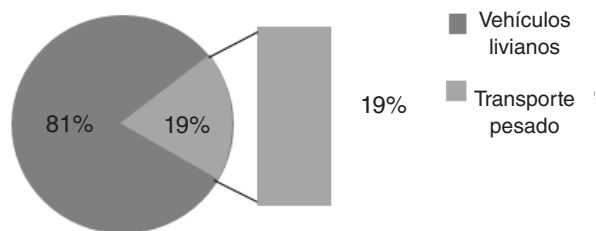


Figura 1. Porcentajes de vehículos obtenidos de la tabulación por clasificación de vehículos.

Fuente: elaboración propia.

Luego se realizaron los cálculos y análisis de la información recabada en campo, para determinar el comportamiento del tránsito e indicar la capacidad y nivel de servicio, por lo que se obtuvieron los siguientes datos generados con base a la estación crítica:

El tránsito promedio diario semanal indica que por la vía circulan 13,805 veh/día.

Se estableció que el horario de 09:00 – 10:00 am indicaba mayor circulación de vehículos con un promedio de aproximadamente 1,443 vehículos.

La velocidad promedio de entrada fue de 51km/h, luego la misma se reducía a 20km/h, debido a intersecciones u obstáculos en el tramo.

La densidad vehicular indicó que por cada carril en el periférico circulan 5 vehículos en un período de tiempo de 27 segundos.

Con base a la metodología empleada por el HCM para el cálculo de carreteras de cuatro o seis carriles, se estableció la capacidad horaria del tramo el cual indicó que por la vía pueden circular 28,634 vehículos por día.



### Proyecciones

Con base en las tasas de crecimiento vehicular de la Dirección General de Caminos, en el año 2,012 se consideró una tasa de crecimiento del 0.99 % anual para indicar la incidencia del tránsito con respecto al congestionamiento encontrado.

Tabla I. *Proyecciones*

Porcentaje de tasa de crecimiento del parque vehicular	Año Actual	Año	Tránsito promedio diario semanal (TPDS)	Cantidad de vehículos por año
0.99 %	2014	2014	13,805 Veh/día	5,038,825
	1 año	2015	14,766 Veh/día	5,389,590
	2 años	2016	15,794 Veh/día	5,764,810
	3 años	2017	16,893 Veh/día	6,165,945
	4 años	2018	18,069 Veh/día	6,595,185
	5 años	2019	19,327 Veh/día	7,054,355
	10 años	2024	27,057 Veh/día	9,875,805

Fuente: elaboración propia

### Discusión de Resultados

Con los datos obtenidos de la tabulación se puede determinar: la capacidad horaria de 1,432 veh/h y la capacidad diaria de 28,434 veh/día, por lo que el dato de la capacidad horaria se comparó con el del Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS) que fue de 13,805 veh/día y se pudo establecer que el anillo periférico trabajó al 48 % de su capacidad diaria, en el año 2014.

Se determinó que el anillo periférico ubicado en las estaciones 5+000 y 8+800, tiene una velocidad promedio de viaje en la estación crítica de 51km/h catalogando al tramo en estudio con un nivel de servicio tipo “D”, presentando un flujo inestable porque los conductores tienen poca libertad para maniobrar.

Se identificaron las causas que originan el congestionamiento vehicular como: falta de señalización horizontal y vertical, falta de pasarelas, falta de paradas de buses, entre otras. En el planteamiento del problema se estableció que el tramo en estudio no cuenta con el equipamiento adecuado para el óptimo desplazamiento vehicular, lo que provoca que los vehículos reduzcan la velocidad promedio de viaje de 51 km/h hasta 20 km/h y algunas veces hasta 0 km/h provocando congestionamiento, lo cual genera aumento en tiempos de viaje, uso excesivo de combustible y aumenta los costos de operación además de aumento de contaminación atmosférica.

Se determinó que en la estación crítica circulan alrededor de 13,805 veh/día mediante el cálculo de Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS), dato importante que se utilizó para realizar proyecciones a uno, dos, tres, cuatro y cinco años, que sirvió para denotar el crecimiento del parque vehicular en la ciudad, el cual presenta un comportamiento de crecimiento lineal esto es porque se utilizó para todos los años a proyectar el 0.99 % de la tasa de crecimiento anual según la Dirección General de Caminos (DGC).

Mediante los cálculos realizados se determinó que la cantidad de vehículos que circulan en promedio en las cuatro estaciones es de 8,500 veh/día.

En la siguiente figura se observa el resumen de las horas promedio por estación de aforo.

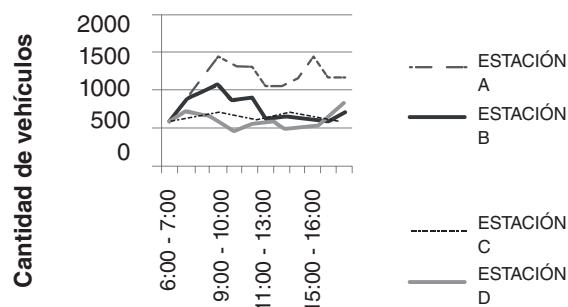


Figura 2. Resumen de horas promedio por estación.

Fuente: elaboración propia.

Con base en la figura anterior se determinó que a la estación “A” se le denominó como crítica ya que la misma tiene un incremento de casi 900 vehículos, durante los 5 días de aforo, en comparación con las demás estaciones debido a que la misma recibe aportación de tránsito de vehículos provenientes de Cuatro Caminos, Olintepeque, Costa Sur, Salcajá y del casco urbano.

La estación “B”, presenta un incremento de vehículos durante la mañana, el cual se debe a que recibe aportación vehicular del tránsito que sale de la ciudad y de vehículos provenientes de industrias que cuentan con garajes o bodegas situadas en los alrededores del tramo en estudio.

Durante los días de aforo se observó que la cantidad de vehículos que circulaban en la estación “C” era muy similar en los diferentes horarios y días, lo cual se justifica ya que los vehículos que pasaban sobre la estación “A”, en su mayoría ingresan al centro de la ciudad de Quetzaltenango y otra parte se distribuye a cualquiera de las intersecciones existentes, por lo no necesariamente pasan por la estación “C”, lo cual conlleva a la disminución de vehículos en esta estación.

En la estación “D” decrece la cantidad de vehículos debido a que la mayoría del tránsito proviene del tramo que pasa por la Licorera Botrán, otros ingresan a la ciudad de Quetzaltenango por la carretera que se dirige al Hospital Regional de Occidente y no necesariamente ingresan por el periférico. Las aportaciones que recibe esta estación se dan por vehículos que se dirigen a residenciales, colegios, industrias y bodegas, existentes en el lugar o bien que sólo utilizan el periférico para dirigirse a otro municipio o departamento.

Se estableció el total de vehículos livianos en las cuatro estaciones como un 100 %, lo que en porcentajes indicó que el 81 % lo constituyen vehículos livianos (VL) y el 19 % el transporte pesado (TP).

Se identificaron horas pico teniendo como base los horarios de la estación crítica los cuales fueron: 09:00 – 10:00 am y 17:00- 18:00 pm.

El volumen horario de máxima demanda (VHMD) fue de 1,443 vehículos por día.

En horas de bajo tránsito sin restricciones de demoras con velocidades altas se obtuvo la velocidad de flujo libre de 68 km/h.

La densidad vehicular en el tramo indicó que circulan 5 veh km/ carril por medio de los conceptos empleados en los modelos de estimación de capacidad en campo para una intersección no semaforizada se determinó que la calle secundaria en conflicto es la que proviene de la salida principal de la “Colonia Trigales” en la 29 avenida, observándose cola continua por lo que los vehículos tardan esperando alrededor de 3 minutos y logran salir de esta intersección aproximadamente 3 a 5 vehículos, notándose que las colas se originan cuando los vehículos se dirigen al centro de la ciudad (cruce a la izquierda), estableciendo que en el lugar existen colas de hasta 2 horas por la poca descarga vehicular en el tramo.

## Conclusiones

1. La capacidad horaria es de 1,432 veh/hora y la capacidad diaria es de 28,434 veh/día, por lo que el dato de la capacidad horaria se comparó con el del Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS) que fue de 13,805 veh/hora y se pudo establecer que el anillo periférico trabaja al 48 % de su capacidad diaria, en el año 2014.
2. El nivel de servicio en el proyecto es de Tipo “D”, lo cual indica que la velocidad de circulación es deficiente por lo que al incorporar las soluciones propuestas podría accederse a un nivel de servicio “B” ó “C”, que significa velocidades de circulación cercanas a las velocidades de diseño.
3. La propuesta de solución a corto plazo involucra la identificación de puntos críticos, en donde existe falta de equipamiento pues no se cuenta con adecuada señalización, tanto vertical como horizontal, falta de alumbrado eléctrico, falta de pasarelas, falta de estacionamientos, falta de paradas de buses, falta de semáforos en el tramo, entre otros.

Por lo que estos deben de ser atendidos a la brevedad y dicha solución involucra mejoras a los mismos que contribuya a optimizar las condiciones de la carretera y disminuir el congestionamiento en el tramo.

4. El estudio documenta toda la información del tránsito existente en el Periférico de Quetzaltenango en el año 2014 y éste sirve como precedente para la elaboración de otros estudios ó trabajos en el mismo.
5. Las proyecciones efectuadas a corto plazo indican que la tasa de crecimiento anual del parque vehicular en Quetzaltenango tiene un comportamiento de crecimiento lineal, debido a que se utilizó la misma tasa de crecimiento para cada uno de los años a proyectar, lo que indica que el problema de congestionamiento no es la cantidad de vehículos que circulan en el tramo, sino que lo originan las causas. Se identificó el modelo lineal del crecimiento vehicular de la forma:  $y = 533070x + 4 * 106$ . Dichas proyecciones pueden emplearse en futuros proyectos de tránsito.

### Recomendaciones

1. Que la Escuela de Estudios de Postgrado brinde una copia de este trabajo de Graduación a COVIAL, ya que éste es el ente encargado de realizar este tipo de trabajos, para que implementen las mejoras que se plantean en las propuestas de solución a corto plazo y consideren que la solución indica rehabilitar el sistema de semáforos, por lo cual se deberá realizar un Análisis de Intersecciones en Cruz según el Manual HCM, para establecer los tiempos de los semáforos con respecto a la capacidad.
2. COVIAL deberá implementar las soluciones propuestas a la brevedad a fin de minimizar el congestionamiento vehicular.
3. Proporcionar a la Municipalidad de Quetzaltenango esta investigación ya que se puede tomar de referencia para otros proyectos viales que deseen desarrollar en la ciudad de Quetzalte-

nango.

4. Que la Escuela de Estudios de Postgrado indique a estudiantes de la Maestría en Ingeniería Vial que este estudio necesita ampliar la investigación mediante la realización de estudios de: análisis en cruz (rehabilitación de semáforo), origen y destino, ruta alterna, pasos a desnivel las cuales son soluciones de mediano y largo plazo y que pueden ser tema de investigación para otros estudiantes interesados en el tema.

### Referencias bibliográficas

- COVIAL. (2015). *Especificaciones Especiales*. Guatemala: COVIAL.
- DGC. (s.f.). *Dirección General de Caminos*. Guatemala: DGC.
- HCM. (2000). *Manual de Capacidades de Carreteras*.
- SEDESOL. (1994). *Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito, Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades medias Mexicanas*. México.
- SIECA. (2011). *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial*.

---

## DISEÑO DE UN MODELO PARA EL SISTEMA DE REGISTRO DE VOLÚMENES DE TRÁNSITO VEHICULAR EN GUATEMALA, HOMOLOGADO CON UNA MUESTRA ESTRATIFICADA ALEATORIA BIETÁPICA DE LA REGIÓN VI Ó SUROCCIDENTAL

---

**Karina Lisseth Navarizo Zabala**

Mtra. en Ingeniería Vial  
klnavarizoz@gmail.com

**César Augusto Castillo Morales**

Asesor  
Mtro. en Proyectos  
wea\_consultores@yahoo.com

### Resumen

En 2016, los problemas viales han aumentado siendo imperativo el desarrollo de estrategias que permitan dar soluciones eficientes basadas en aspectos técnicos de campo de estudios de ingeniería de tránsito: recolección de datos vehiculares, el análisis de información del tránsito y la sistematización de la información. Las mediciones básicas más importantes en la planeación de la infraestructura vial y de soluciones integrales de desarrollo son los datos cuantitativos vehiculares y la situación del lugar en el tiempo analizado. Sin embargo, en Guatemala se tiene poca información actualizada al respecto. Este estudio propone un diseño de un modelo para el sistema de registro de volúmenes de tránsito vehicular en Guatemala, homologado con una muestra estratificada aleatoria bietápica de la Región VI o Suroccidental. Con ello los profesionales y técnicos especializados, lograrán planificar y ejecutar, adecuada y eficientemente proyectos viales, bajo parámetros básicos y fidedignos de información.

### Palabras clave

Ingeniería de tránsito, volúmenes de tránsito vehicular, sistematización de información, proyectos viales.

### Abstract

*In 2016, the vehicular traffic problems have been increasing rapidly, a way to solve these issues is to develop efficient strategies based on technical facts from road engineering case studies: collection of vehicle data, vehicular traffic data analysis and information systematization. The main metrics in planning the road infrastructure y development of integrated solutions are historical quantitative vehicular data and road status. Nevertheless, in Guatemala there is not enough updated information to work with. The present work proposes a model design to build an information system to record vehicular traffic data in Guatemala based on a random stratified sample bietapic of Region VI Southwest. The results will provide qualitative information to specialized technician to plan and execute traffic vehicular projects efficiently based on basic parameters of reliable information.*

### Keywords

*Road Engineering, traffic vehicular data, information systematization, road projects.*

## Desarrollo del estudio

Se han desarrollado aspectos que permitan conocer el sistema de información y registro del tránsito en Guatemala, especialmente, de los volúmenes de tránsito, así como la situación que se tiene en el país respecto de los actores que se involucran con dicho sistema, con la finalidad de tener un amplio criterio en el planteamiento de la metodología técnica desarrollada.

Se tomaron en cuenta los criterios técnicos de ingeniería de tránsito, además de la analogía realizada, concluyendo en el modelo técnico metodológico diseñado que ofrece básicamente lo siguiente: un proceso específico en el cual participan los responsables de la generación, registro y divulgación de la información; el uso de una Ficha Técnica Única de Información de Campo (FTUIC), para la captura y generación de datos, la cual ha sido probada en 8 municipios de la Región VI de Guatemala, de acuerdo con la muestra estratificada establecida; y, el diseño del módulo informático para la base de datos de un sistema integrado de información nacional de volúmenes de tránsito, con la finalidad de disponer de una adecuada generación de datos, la integración, registro y divulgación de información de los volúmenes de tránsito.

En cuanto a la ficha técnica diseñada, se tendrá una mejor toma de información de campo como parte de un estudio de tránsito específico, disponiéndose de datos, tales como: situación física de las estaciones determinadas, horarios con mayor flujo vehicular, tipología vehicular que circula en el lugar, volúmenes de tránsito, entre otros. Esta información facilitará la toma de decisiones en cuanto atender problemas viales detectados con los estudios de campo.

La sistematización e integración de información que se realice, al registrar los volúmenes de tránsito a nivel nacional, tendrá efectos importantes como base estadística y como fuente de información técnica,

ya que brindará a los interesados datos importantes para el desarrollo de planes y proyectos de carácter vial.

Los resultados cuantitativos obtenidos de la muestra estratificada aleatoria bietápica de los volúmenes de tránsito de 8 municipios determinados, aportan un nivel de confiabilidad alto, representativo y significativo, siendo un efecto positivo a considerar en todos los municipios del país, ya que constituye una fuente de soporte para las distintas áreas temáticas, a fin de que se disponga de esta información valiosa para la toma de decisiones en materia de ingeniería de tránsito.

Para el logro de los fines debe contarse con una institución responsable de la integración de información de campo, mediante el control de datos de los conteos de tránsito generados en los municipios y rutas, con el objetivo de presentar semestral y anualmente, la información consolidada al Instituto Nacional de Estadística.

Para el efecto, se ha analizado la Ley de Tránsito (Decreto Número 132-96, 1996) en donde faculta al Departamento de Tránsito de la Dirección General de la Policía Nacional Civil, para ser el ente rector del control del tránsito y la seguridad vial en Guatemala. Siendo importante que dicha institución, sea quien administre la base de datos del módulo sistemático de integración nacional de información de volúmenes de tránsito.

En este sentido, dentro del presente modelo se propone un módulo informático que permita realizar el registro local de la información de campo, así como la integración de datos, específicamente, de los volúmenes de tránsito.

En la Figura 1 se muestra información acerca de los volúmenes de tránsito en la región VI.



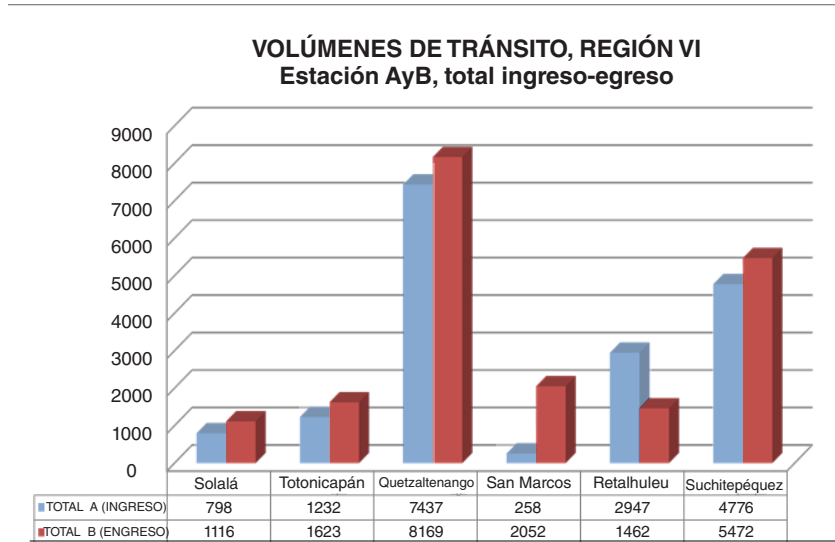


Figura 1. Volúmenes de tránsito, región VI, estación A/B total ingreso/egreso.

Fuente: elaboración propia.

### Conclusiones

1. El modelo diseñado para la sistematización de la generación y registro de los volúmenes de tránsito, permite elevar la eficiencia en la recolección de datos, integración, registro y divulgación de la información a nivel nacional.
2. Se comprobó que la Ficha Técnica Única de Información de Campo (FTIC), optimiza y facilita la recopilación de datos de campo de los volúmenes de tránsito, ya que brinda información necesaria para la evaluación y análisis de estudios de tránsito e impacto vial.
3. El módulo informático propuesto para el sistema integrado de información nacional de volúmenes de tránsito, permite contar con una fuente de información confiable y actualizada, la cual es de interés a profesionales de distintas áreas de la ingeniería vial.
4. Con la homologación de la muestra realizada, se comprobó que los resultados cuantitativos obtenidos son de alta confiabilidad, evidenciando la necesidad de aplicar la misma metodología técnica en todas las localidades del país, a efecto de optimizar el desarrollo de proyectos viales en Guatemala.

### Recomendaciones

1. Es imperativo desarrollar acciones que disminuyan la problemática vial en Guatemala, para el efecto, debe considerarse información actualizada y certera de datos de carácter vial, especialmente, de los flujos o volúmenes de tránsito generados en la red vial y en las localidades municipales, teniendo en cuenta que otros países han aplicado sistemas eficientes que han permitido mejorar la capacidad de los proyectos viales.
2. Promover por parte del ente rector de la administración del tránsito y la seguridad vial, la implementación del modelo para el sistema integrado de generación de datos y registro de información diseñado, básicamente, de los volúmenes de tránsito, lo cual ayudará a los planificadores, diseñadores y ejecutores de proyectos viales, tanto del ámbito de tránsito, transporte y de infraestructura vial.
3. Es importante mejorar el vínculo intergubernamental de las instituciones relacionadas con el sistema de tránsito y de información nacional (Departamento de Tránsito, Dirección General de Caminos, Instituto Nacional de Estadística y municipalidades del país, específicamente).



4. Aprovechar el interés de las instituciones relacionadas con la administración del tránsito e infraestructura vial, así como la de información nacional, para poner en marcha el sistema de registro de volúmenes de tránsito vehicular en el país.
5. Es necesario dar a conocer los volúmenes de tránsito que se tienen en cada espacio físico de la red vial, así como de ingresos y egresos de los municipios de Guatemala, por medio del INE, con fines de lograr un impacto técnico en cuanto a información se refiere, la cual es fundamental para los diseñadores y planificadores de sistemas de tránsito, transporte e infraestructura vial nacional.
6. La ingeniería de tránsito recomienda tres aspectos técnicos y administrativos: la recolección de datos (inventarios), el análisis de información del tránsito (estudios) y la sistematización de la información (registros de dependencias del gobierno a través de un medio automatizado), con el fin de reducir el impacto negativo de las carreteras; esto se logrará en Guatemala por medio de la implementación del modelo propuesto, en cuanto generar datos confiables de campo y sistematizar el registro de información de los volúmenes de tránsito.
7. Es necesario que en Guatemala se continúe desarrollando estudios encaminados a optimizar el sistema de tránsito, transporte e infraestructura vial, mediante la aplicación de aspectos de planificación y diseño enmarcados en ingeniería de tránsito.

### Referencias bibliográficas

- Transportation Research Board, National Research Council. (2000). *Manual de Capacidad de Carreteras* (Vol. 5o. Versión Español). (C. C. Data, Ed.) Washington D.C., Estados Unidos: Handbooks.
- Box, Paul y Oppenlander, J. (2000). *Manual of Traffic Engineering Studies*. México: Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A.

- Cal, Rafael, Reyes, Mayor y Cárdenas, James. (2009). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones* (8a. ed.). México: Alfaomega.
- Gerber, Nicolas J. y Hoel, Lester A. (2005). *Ingeniería de Tránsito y Carreteras* (3ra. ed.). México: Thomson Editores.
- Pérez López, C. (2005). *Muestreo Estadístico, Conceptos y Problemas Resueltos*. Madrid, España: Pearson Prentice Hall.
- Secretaría de Desarrollo Social. (2010). *Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito, Tomo XII*. México: Dirección General de Ordenación del Territorio.

---

## SISTEMA INFORMÁTICO PARA LA GESTIÓN GANADERA BOVINA EN GUATEMALA

---

### Rubén Darío Crespo Valenzuela

Mtro. en Tecnologías de la  
Información y la Comunicación  
rd\_crespo@hotmail.com

### Otto Amílcar Rodríguez Acosta

Asesor  
Mtro. en tecnologías de la información con  
especialidad en sistemas de la información  
y bases de datos  
orodri@gmail.com

### Resumen

Se puede observar en el sector productivo ganadero la falta de herramientas tecnológicas que les permita hacer de su negocio una empresa que no solo ofrezca productos de calidad y uso eficiente de los recursos, sino también una herramienta estratégica para asegurar la continuidad del negocio.

En este documento se encontrará una descripción general sobre la propuesta de implementación de un modelo de negocio para la automatización informática de la gestión ganadera, y así poder incursionar en el mercado de la tecnología de la información en la región; permitiendo ofrecer las herramientas informáticas especializadas, confiables y personalizadas que soporten todo el proceso de la producción ganadera.

La solución incluye el ingreso de transacciones, inventario, control animal, control de potreros, clientes y proveedores, ingresos y egresos con sus respectivos reportes.

### Palabras clave

Sistema informático de gestión empresarial ganadero, aplicación web, plataforma LAMP

### Abstract

*There is a lack of technological tools in the cattle raising business which would allow quality products, efficient use of resources and strategic guidelines to ensure the business growth.*

*This project describes a proposal of the deployment of a business model for technological automation for cattle raising management in the region.*

*The solution comprises the transactional systems, inventory, cow control, paddock control, customer and supplier of the value chain and reports.*

### Keywords

*Cattle raising management system, web application, LAMP platform.*

## Desarrollo del estudio

El objetivo fundamental de estos sistemas informáticos en las organizaciones es: ordenar y organizar, para poder tomar decisiones planificadas y adecuadas.

Se pueden mencionar algunos tipos de sistemas informáticos ya reconocidos a nivel mundial como la base fundamental de lo que se persigue en la optimización de procesos y recursos, entre estos sistemas se encuentran: ERP, CRM y SCM.

Este estudio propone la estructura de un sistema de información de Gestión Ganadera, como una aplicación de software que contenga módulos fundamentales de la gestión ganadera, configurados y parametrizados de forma estándar, en base a las buenas prácticas y recomendaciones de los expertos.

Esta aplicación debe garantizar su buen funcionamiento y su alto desempeño en las actividades fundamentales para el desarrollo del negocio, por lo que se consideran las características siguientes: portabilidad, modularidad, comunicación, trazabilidad y reportería.

Para esto fue necesario investigar varios tipos de sistemas de información que fueron adaptados a la gestión de actividades organizacionales, especializados en administración de recursos, suministros, clientes y conocimiento, entre otros.

Se considera como característica fundamental de esta aplicación poder brindar información inmediata a sus usuarios, por lo que se propone como una aplicación Web y sus respectivas consideraciones de plataforma tecnológica y programación.

Con el propósito de evaluar la propuesta tecnológica como la mejor opción para la plataforma de desarrollo e implementación del sistema de gestión ganadera, se investigaron tecnologías de la información que cumplieran con: sencillez de uso e implementación, flexibilidad en su infraestructura, bajos costos y como característica fundamental, que pudiera implementarse en un ambiente con acceso desde Internet.

La propuesta presenta como opción utilizar herramientas de código abierto (Open Source), tanto para la programación y desarrollo como para la infraestructura informática.

Por esta razón el lenguaje de programación PHP (acrónimo recursivo de PHP: Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de programación altamente utilizado en aplicaciones web; el sistema de almacenamiento de datos Mysql, que por sus características también es altamente utilizado en aplicaciones Web, se convierte en un socio ideal en desarrollos en PHP.

El sistema de gestión ganadera basa su funcionamiento en las características de los sistemas de gestión empresarial, control, modularidad, optimización e integración de procesos. Con el propósito de generar información única e inmediata para la toma de decisiones sobre un panorama global.

Cohen y Asín (2009), consideran entre sus principales características para los sistemas de gestión empresarial:

**Integridad:** capacidad de identificar al conjunto de áreas, procesos e información como una única entidad.

**Modularidad:** consiste en proveer a cada área los recursos necesarios para la realización de sus labores de una forma especializada.

**Comunicación:** debido a que estos sistemas trabajan con procesos empresariales integrados, deben ser capaces de interconectarse por medio de herramientas de intercambio de información con todos los subsistemas posibles.

**Escalabilidad:** facilidad de disponer de nuevas versiones o nuevas funcionalidades teniendo la seguridad que será transparente su implementación.

En las Figuras 1 y 2 se muestran los procesos a controlar por el sistema y el diagrama de arquitectura de hardware con sus dispositivos de acceso.

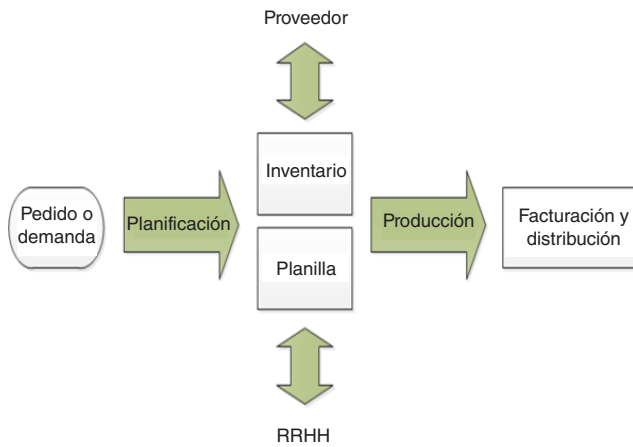


Figura 1. Procesos a controlar por un sistema de gestión integral.

Fuente: elaboración propia

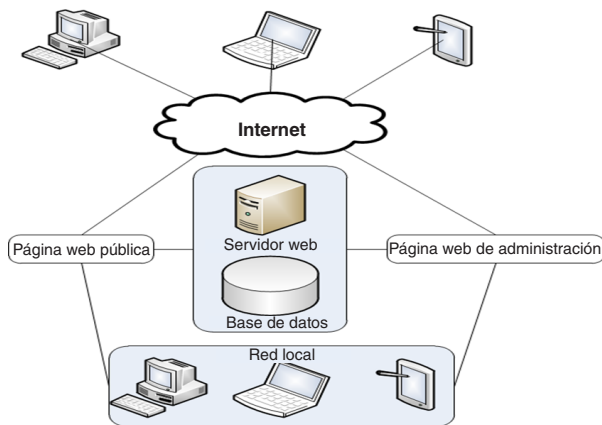


Figura 2. Diagrama de arquitectura de hardware y dispositivos de acceso.

Fuente: elaboración propia.

## Resultados obtenidos

Según datos recopilados por Instituto Nacional de Estadística de Guatemala, existen al menos 72,387 fincas ganaderas, con un crecimiento aproximado de un millón de reses en la última década, para un total aproximado en la actualidad de tres millones de reses en toda Guatemala.

Es importante considerar dos factores más para ver el crecimiento del negocio ganadero, según datos del MAGA (Agro en Cifras, 2013) el precio de la carne ha aumentado un 27 % entre el año 2006 y el 2013; las cifras de importación y exportación de carne bovina también han presentado un crecimiento constante entre el año 2004 y el año 2013.

En base a la investigación y análisis, la propuesta del sistema de gestión ganadero se propone la incursión en el mercado ganadero por medio de un sistema de información, con la propuesta de una plataforma tecnológica Web.

Con él se pretende cumplir con el propósito de centralizar la información que el negocio genera de una manera integral, así como poseer controles de las diferentes actividades en una única plataforma parametrizable, cumpliendo con los elementos fundamentales identificados de trazabilidad y personalización para este tipo de sistemas.

Contar con un sistema informático que permita su uso tanto de forma local como con la opción de utilizarlo desde Internet y proporcione el acceso a la información por dispositivos portátiles o móviles, posibilita al usuario una moderna gestión administrativa.

Se considera fundamental de la implementación de la aplicación Web propuesta, su infraestructura tecnológica, en base a su rendimiento en cada uno de sus componentes (servidor de aplicaciones, base de datos y lenguaje de programación), así como de las características de integridad y modularidad para la robustez de los procesos administrativos.

## Discusión de resultados

El Sistema de Gestión Ganadera tiene como objetivo proveer al empresario ganadero una herramienta tecnológica sencilla, eficiente y amigable que le brinde la información necesaria para gestionar su negocio.

Permitir un control sobre los objetos y actividades relacionadas al negocio ganadero, por medio de una exacta trazabilidad en los elementos y procesos implementados.

Se presenta a continuación la forma de interactuar y comunicarse de los diferentes módulos y funciones del sistema de gestión ganadera propuesto y se agrupan según la funcionalidad del tipo de sistema de gestión empresarial que provee, debe recordarse que es un sistema integrado en infraestructura.

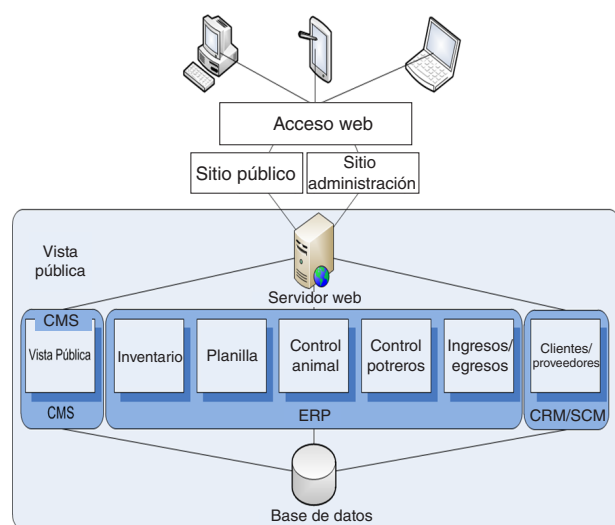


Figura 3. Diagrama de comunicación y módulos.

Fuente: elaboración propia

Entre los beneficios que el sistema informático de Gestión Ganadera brinda a los propietarios del negocio para la toma de decisión se encuentran los siguientes:

## Inventario y bodega

- Compras de cantidades adecuadas de productos.
- Compras en temporadas de costos accesibles.
- Disponibilidad de medicamentos y utensilios para emergencias.

## Control de Ingresos y Egreso

- Presupuesto acorde a las temporadas.
- Estimación del flujo de efectivo.

## Manejo Animal

- Maximización del recurso alimenticio en potreros para pastoreo en base a una adecuada rotación.
- Protección de potreros y pastos en base a la carga animal óptima.
- Trazabilidad de cada uno de los individuos desde el instante que forma parte del hato.
- Exactitud en el tiempo para la aplicación de tratamientos médicos también en actividades de desmadres, disposiciones, partos y ventas.
- Datos exactos en producción animal (litros y/o libras).

Determinando como módulos núcleos del sistema informático ganadero, aquellos que les provean información sobre (en orden de importancia): administración de potreros, inventario, dietas, trazabilidad animal, planillas y control de engorde.

Y finalmente la solución propuesta debe ser parametrizable en los procesos de la gestión propia de cada empresa, generar información inmediata, que el recurso tecnológico necesario no sea excesivo y evitar complicar los procesos ya establecidos.

## Conclusiones

1. El sistema informático propuesto está diseñado para ser el sistema de las actividades de la gestión ganadera bovina en Guatemala orientado al Web, considerado un nicho de mercado aún no acaparado por ningún proveedor.
2. Como elementos fundamentales para el siste-

ma de gestión ganadera se consideran dos: una plataforma informática reconocida en el uso de aplicaciones Web, confiable y flexible, por lo que se determinó la utilización de infraestructura informática LAMP (Linux, Apache, Mysql, PHP); así como la implementación de funcionalidades de sistemas de gestión empresarial para el correcto desempeño de las actividades fundamentales del negocio: manejo de potreros, administración de inventarios, control del hato; estableciendo una integridad sistémica y una modularidad para las funciones.

3. Se determinó que los factores clave para la aceptación de tecnología de la información en la gestión ganadera son: la simplificación y mejora de los procesos, flexibilidad para la personalización, generación de información de forma inmediata y que su implementación no implique contar con grandes recursos informáticos.

### Recomendaciones

1. Es necesario considerar antes de la adquisición de un sistema de gestión empresarial la capacidad de adaptación y personalización del software a los procesos y actividades de la ganadería.
2. Si el negocio ganadero aún no cuenta con ninguna aplicación informática, introducen tecnología de la información de forma modular, y considerar una incorporación más hasta que el último incorporado lo maneje en su totalidad.
3. Se debe evaluar las opciones de plataforma tecnológica que un sistema de gestión empresarial brinde, considerando la infraestructura que se presenta en las instalaciones de la finca o el lugar donde se desea implementar la solución informática.

### Referencias bibliográficas

Aguilera Castro, A., Riascos Erazo, S.C. (2009). *Di-reccionamiento Estratégico Apoyado en las TIC*.

Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/212/21211972007.pdf>

Cohen Karen, D., Asín Lares, E. (2009). *Tecnologías de información en los negocios*. (5a ed.). México: McGraw Hill

De Pablos Herederos, C. (2006). *Dirección y gestión de los sistemas de información en la empresa*. (2a ed.). España: Editorial ESIC.

Guevara Plaza, A. J. (2004). *Informática aplicada a la gestión de la empresa*. Madrid: Editorial Pirámide.

Laudon, J., Laudon, K. (2006). *Sistemas de información gerencial- Administración de la empresa digital*. México: Pearson Educación- Prentice Hall.



---

## PROYECTO DE EMPRENDIMIENTO EMPRESARIAL EN EL DISEÑO DE SOLUCIONES A RIESGOS DE SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN, BASADO EN LA TEORÍA GENERAL DE DISUASIÓN

---

**Alicia Eugenia Ruano Aguilar**

Mtro. en Tecnologías de la  
Información y la Comunicación  
aliciara1954@gmail.com

**Everest Darwin Medinilla**

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

### Resumen

Aunque las empresas u organizaciones de cualquier segmento o ámbito ya cuentan con tecnologías de seguridad como por ejemplo: software antivirus, dispositivos de red y firewalls, estas tecnologías no satisfacen por completo la seguridad de la información.

Con base a la problemática planteada, se procedió a identificar los riesgos de la seguridad de la información en diferentes organizaciones por medio de una encuesta elaborada con base en los constructos que componen la Teoría General de Disuasión.

El objetivo general del trabajo de graduación es el emprendimiento empresarial en el diseño de soluciones a riesgos de seguridad de la información, dichas soluciones pueden mencionarse: la concientización y capacitación al empleado, uso de medios disuasivos, elaboración de la política de seguridad y su divulgación, uso de tecnología informática y definición de estrategias de mejora continua.

El impacto de la implementación de estas soluciones en las organizaciones, garantiza la protección de uno de sus principales activos que es la información.

### Palabras clave

Seguridad, información, teoría, disuasión, emprendimiento.

### Abstract

*Although businesses or organizations of any segment or area already have security technologies such as: antivirus software, network devices and firewalls, these technologies do not fully meet safety.*

*Based on the issues raised, we proceeded to identify the risks of information security in different organizations through a survey conducted based on the constructs that make up the General Theory of Deterrence.*

*The overall objective of graduate work is entrepreneurship in design solutions to security risks of information based on the General Theory of Deterrence (GDT), this was achieved through the creation of a business plan.*

*The impact or key activity was taken into account in drawing up the plan, was to offer businesses security policy development and awareness of staff on issues of information security as one of the main solutions.*

### Keywords

*Security, information, theory, deterrence, entrepreneurship.*

## Desarrollo del estudio

El acceso no autorizado a una red informática o a equipos que en ella se encuentren puede ocasionar graves problemas, algunas de las posibles consecuencias de una intrusión son la pérdida de datos, robo de información sensible o confidencial, divulgación de información sobre clientes, ingeniería social (técnica psicológica para persuadir a un individuo), intercambio de contraseñas por correo electrónico, entre otros.

En este trabajo de investigación se llevó a cabo el análisis cualitativo de una serie de datos recolectados, para identificar los principales riesgos de la seguridad de la información.

Posteriormente, se desarrolló un plan de negocio para el emprendimiento de una empresa dedicada al diseño de soluciones a riesgos de seguridad de la información, dicho plan describe los segmentos de mercado, actividades clave, recursos clave, costos y canales a ser tomados como actividades del emprendimiento.

Detmar, Straub y Richard en 1998, analizan el concepto de Teoría General de Disuasión aplicado a riesgos de seguridad de la información. Aseguran con base a resultados, que ningún sistema puede ser absolutamente seguro, por lo tanto, la inadecuada seguridad en muchas organizaciones es una situación que puede y debe remediarse aplicando teorías (término en inglés theorybased) que sirven como herramientas para la planificación de la seguridad (Straub & Welke, 1998).

Schuessler (2009), indica que la disuasión se define como "la inhibición de la conducta criminal por el miedo, sobre todo de la pena", en otras palabras, las actividades de disuasión proveen desincentivos para los posibles abusadores de ordenador. Los ejemplos de los esfuerzos de disuasión incluyen "las políticas administrativas, capacitación de los empleados, y las funciones de seguridad visibles" (Schuessler, 2009).

La Teoría de General de Disuasión se fundamenta en cuatro variables: la disuasión, prevención, de-

tección y corrección.

La prevención se define como un estorbo o un obstáculo. Estos pueden incluir obstáculos físicos tales como guardias, puertas cerradas, y así sucesivamente y/o herramientas de software tales como dispositivos de autenticación y firewalls.

La detección se define como el acto o proceso de descubrimiento. Lo que se refiere a los sistemas de información, es el proceso de tratar de descubrir las violaciones de seguridad dentro de una organización mediante el examen de los registros del sistema, informes de monitoreo de actividades sospechosas, y así sucesivamente.

Remedio o corrección se define como un orden jurídico de prevenir o reparar un daño o hacer cumplir un derecho, ya sea por medio de sanciones internas tales como reprimendas o terminación, o externamente por la vía legal o sistemas de regulación.

Lo anterior se muestra en la Figura 1.

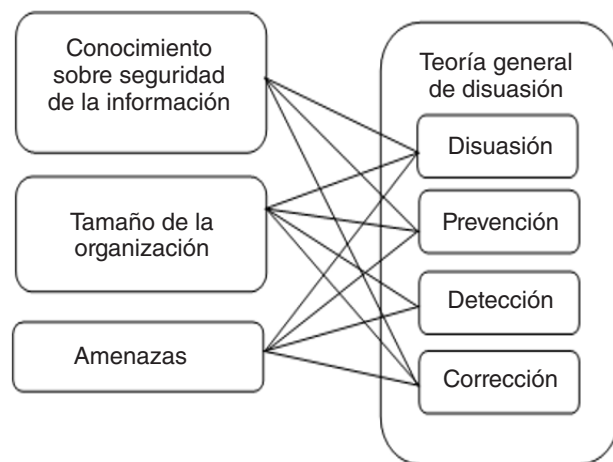


Figura 1. Teoría General de Disuasión.

Fuente: General Deterrence Theory: Assesin Information Systems Security Effectiveness in Large versus Smal Business por Joseph H. Schuessler, 2009.

## Resultados obtenidos

Según Mahía Casado (2004), el análisis factorial es una técnica de reducción de datos, que sirve para encontrar grupos homogéneos a partir de un conjunto numeroso de variables. Para este análisis

se toman como variables latentes las diferentes preguntas planteadas en una encuesta que se elaboró tomando como base los siguientes constructos:

- Conocimiento sobre seguridad de la información = CS  
 Tamaño de la organización = TO  
 Amenazas = AM  
 Disuasión = DS  
 Prevención = PV  
 Corrección = CR

Al obtener los datos iniciales del análisis factorial, se obtuvo una matriz de factores no rotada, ésta fue sometida posteriormente a un procedimiento de rotación.

La Tabla I muestra los resultados de la rotación realizada, se resaltan los resultados de los factores con los valores más altos.

Tabla I. Matriz de factores rotados.

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
CS1	0.145	0.172	0.515	
CS2		0.274	0.716	
PV1		0.709	0.133	
PV2	0.194	0.227	0.534	
PV3	0.581	0.479		
PV4	0.343	0.199	0.181	0.242
PV5		0.453		0.839
CR1	-0.205	0.689	0.204	
CR2		0.637	0.177	0.173
CR3	0.558	0.568	0.266	0.159
DS1	0.447	0.248		0.116
DS2		-0.131		0.501
AM1	0.881			-0.124
AM2	0.620		0.248	
AM3	0.847	-0.190	0.109	

Fuente: elaboración propia.

Con base a resultados obtenidos, se procede a renombrar los factores. Los nombres se derivan de la agrupación de combinaciones lineales con valores propios de mayor peso.

Factores renombrados: Factor 1 se denomina Ries-

gos, ya que los valores propios con mayor peso únicamente se ven reflejadas en las variables de Amenazas, el Factor 2 se denomina Integridad de la Información, los valores propios con mayor peso se relacionan con la prevención y corrección, el Factor 3 se denomina Confidencialidad, ya que los valores con mayor peso se ubicaron en las variables de conocimiento sobre seguridad de la información; por último, al Factor 4 Disponibilidad de la Información ya que los valores con mayor pesos se ubicó en la variable Prevención.

La Figura 2 representa gráficamente cómo están relacionados los constructos que conforman la teoría con cada enunciado de la encuesta realizada que a su vez fue clasificada, según el aspecto a evaluar.

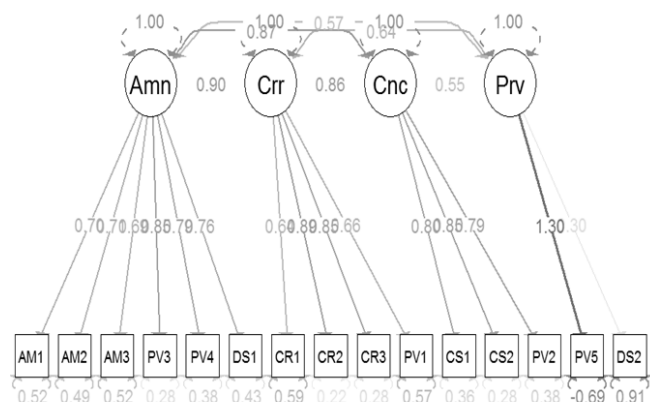


Figura 2. Representación gráfica del modelo.

Fuente: elaboración propia.

### Discusión de resultados

Luego de analizar el diagrama del modelo obtenido en el análisis confirmatorio, se puede observar que la prevención se relaciona también con las correcciones, lo que corresponde a garantizar la integridad de la información, sin duda, son dos aspectos que van de la mano.

Las organizaciones tienen que definir cómo actuarán si se llega a materializar algún tipo de riesgo y qué medidas de prevención están tomando en cuenta, así mismo, una de las prevenciones puede ser el factor disuasión, que se refiere al efecto que estén causando sobre los usuarios de sistemas o empleados.

En una de las preguntas de respuesta abierta para la primera encuesta entregada a 50 personas, coincidieron que una de las principales razones por las que existen riesgos en la seguridad es porque los empleados no tienen conocimiento del tema y otra razón es que las organizaciones no cuentan con políticas de seguridad establecidas, por lo tanto no se puede garantizar la confidencialidad.

Siguiendo la línea de investigación y basado en los antecedentes presentados, el argumento base de este trabajo, se enfoca en que las acciones de seguridad de la información que se apliquen puede disuadir a potenciales abusadores informáticos de cometer actos que violen implícita o explícitamente la política de la organización.

La aplicación específica de la teoría se basa en la relación entre las actividades de los altos mandos y los posibles abusadores, en primer lugar deberían ser los directivos la clave para disuadir con éxito y garantizar la prevención y detección del abuso, así como contar con los recursos que permiten castigar a los delincuentes.

Una cierta porción de potencial de abuso es disipado mediante técnicas de disuasión, como las políticas y directrices para el uso adecuado del sistema de información y recordatorios a los usuarios a cambiar sus contraseñas.

Programas de concientización de seguridad son una forma de contramedida disuasiva que no se debe obviar, es decir, la educación a los usuarios, así como a sus superiores acerca de la seguridad, produce grandes beneficios.

Estas sesiones educacionales transmiten conocimiento sobre los riesgos en la organización, como por ejemplo: dar a conocer las políticas y las sanciones por violaciones, revelar las amenazas a los sistemas locales y su vulnerabilidad a los ataques y enseñar al usuario cómo debe actuar ante ataques, para lograr el objetivo que se persigue, que es la seguridad.

Para este trabajo especial de graduación se brinda la propuesta de diseño de solución a las problemá-

ticas de los riesgos de seguridad de la información identificados en la evaluación y análisis realizado en el punto anterior. Los aspectos a destacar de la solución son los siguientes:

- Conocimiento sobre seguridad de la información
- Política de seguridad de la información

La solución está basada bajo las premisas de la norma internacional ISO/IEC 27001, tecnología de la Información, técnicas de seguridad y código para la práctica de la gestión de la seguridad de la información.

### Conclusiones

1. Se concluye que los dos principales riesgos en seguridad de la información son: la falta de conocimiento en seguridad de la información por parte de los empleados y la inexistencia de una política de protección de información que sea conocida por los mismos.
2. Entre las medidas que pueden implementarse para mitigar los riesgos de la seguridad de la información están las siguientes: el uso de medios disuasivos, diagnósticos periódicos, establecer una política de seguridad de la información, capacitaciones al personal, el uso de la seguridad informática y gestionar la seguridad de la información de forma permanente.
3. El uso de medios disuasivos, como lo indica La Teoría General de Disuasión, permite que los individuos se abstengan de cometer actos delictivos que violen la seguridad de la información de una organización.

### Recomendaciones

1. A organizaciones y público en general, la utilización de la Teoría de Disuasión General puede aplicarse no sólo para la identificación y solución de riesgos en seguridad de la información, sino que también puede ser aplicada a otros temas, donde se requieran métodos disuasivos para llevar el control de determinado evento, proceso o problema.

2. A organizaciones en general, la utilización de herramientas o medios disuasivos dentro de la empresa como prevención.
3. A cualquier persona que desee emprender el uso de la herramienta de lienzo de negocio, ya que facilita comprender y ordenar las ideas para elaborar de una manera sencilla un plan de negocio.
4. A empresas que comienzan operaciones, establecer canales informativos que proporcionen a los emprendedores los conocimientos u orientaciones necesarias, para incorporar la seguridad de la información y la continuidad del negocio como áreas de la estrategia empresarial.
5. A estudiantes de Maestría en Tecnologías de la Información y Comunicación, el uso del análisis estadístico en los casos que el trabajo de investigación requiera un estudio de campo, facilita la interpretación de los datos para fundamentar soluciones, conclusiones o argumentos que el trabajo de investigación presente.

Straub, D., & Welke, R. (1998). *Coping with systems risk: Security Planning Models for Management Decision Making*. Recuperado de: <http://paul-hadrien.info/backup/LSE/IS%20490/utile/Straub%20G%20DT.pdf>

### Referencias bibliográficas

- Baltazar Gález, J. M., & Compuzano Ramírez, J. C. (2011). *Diseño e implementación de un esquema de seguridad perimetral para redes de datos*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mahía Casado, R. (2014). *Análisis Factorial*. Recuperado de [http://www.uam.es/personal\\_pdi/economicas/eva/pdf/factorial.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/economicas/eva/pdf/factorial.pdf)
- Montenegro, L. (2014). *Seguridad de la información: más que una actitud, un estilo de vida*. Recuperado de: <http://www.microsoft.com/conosur/technet/articulos/seguridadinfo/>
- Schuessler, J. H. (2009). *General deterrence theory: assesin information systems security effectiveness in large versus small business*. Recuperado de: <http://nsl.cse.unt.edu/~dantu/cae/attachments/JosephSchuesslerDissertation.pdf>



