





**DICYT** DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN  
CIENCIA Y TECNOLOGÍA



REVISTA FACULTATIVA  
DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

# CIENCIA SUR



Volumen

**06**

Nº. 07

**REVISTA CIENTÍFICA**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

ENERO 2021

ISSN: 2518-4792



# CONSEJO EDITORIAL

**Ing. Henry Monzón de los Ríos**  
DPTO. DE HIDRAULICA Y OBRAS SANITARIAS

**Ing. Laura Soto Salgado**  
DPTO. DE TOPOGRAFÍA Y VIAS DE COMUNICACIÓN

**Ing. Alberto Benítez Reynoso**  
DPTO. ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES

**Arq. Ma. Antonieta Rueda Mogro**  
DPTO. ARQUITECTURA Y URBANISMO

**Ing. Erick Ramírez Ruiz**  
DPTO. BIOTECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS

**Ing. Rene Michel Cortez**  
DPTO. PROCESOS INDUSTRIALES BIOTECNOLÓGICOS Y AMBIENTALES

**Ing Silvana Paz Ramírez**  
DPTO. INFORMÁTICA Y SISTEMAS



Laura Soto Salgado  
Editora Revista Ciencia Sur  
Universidad Autónoma "Juan Misael Saracho"  
[laraksosal@gmail.com](mailto:laraksosal@gmail.com)

## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

### CIENCIA SUR

Revista Facultativa de Divulgación Científica  
Enero, 2021

M.Sc. Ing. Freddy Gonzalo Gandarillas Martinez  
**RECTOR**

M.Sc. Lic. Ricardo Colpari Díaz  
**VICERRECTOR**

### **AUTORIDADES FACULTATIVAS:**

M.Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez  
**DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

M.Sc. Ing. Elizabeth Castro Figueroa  
**VICEDECANA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

M.Sc. Ing. Jorge Tejerina Oller  
**DIRECTOR DICYT**

### **Edición**

Facultad de Ciencias y Tecnología

### **Editora**

M. Sc. Ing. Laura Soto Salgado  
Correo Electrónico: laraksosal@gmail.com

### **Reservados todos los derechos**

Esta revista no podrá ser reproducida en forma alguna, total y parcialmente, sin la autorización de los editores.

El contenido de esta revista es responsabilidad de los autores.

**Diseño y Diagramación:** Paula Talia Flores Garnica.

Versión Digital de la Revista:

<http://dicyt.uajms.edu.bo/revistas/index.php/ciencia-sur/issue/view/44>

**Publicación financiada por el proyecto “Fortalecimiento de la Difusión y Publicación de Revistas Científicas en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho”**

# PRESENTACIÓN

La Ciencia y la Tecnología coexisten gracias a la investigación científica y esta última cobra aún más valor e importancia cuando sus resultados, expresados en términos de conocimiento científico, además de ser pertinentes, se difunden a través de diferentes medios.

Consecuentes con esta filosofía, la Facultad de Ciencias y Tecnología tiene el agrado de ofrecer, a la sociedad en general y a la comunidad científica en particular, un nuevo número de su revista CIENCIA SUR, como reflejo del trabajo académico, técnico y científico de los docentes e investigadores ligados a esta Facultad, parte importante de nuestra “Alma Mater”, la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

En este número, los lectores podrán disfrutar de artículos referentes a distintas áreas, a saber: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sanitaria, Ingeniería de Alimentos, Mecánica de Suelos, Ingeniería Informática, Metodología de la Investigación y Educación.

Tenemos la esperanza de que, el lector, además apreciar los trabajos, hagan llegar su sana crítica con el objetivo de seguir “creciendo” cualitativamente, como también tenemos la certeza y compromiso de seguir trabajando para la edición de los próximos números.

Alberto Benítez Reynoso  
Ingeniero Civil, M.Sc., Ph.D., Dr. Sc.  
Post Doctorado en Ingeniería  
Miembro del Consejo Editorial CIENCIA SUR



# CONTENIDO

PÁG.

## **LA IMPORTANCIA Y EL DESAFÍO DE LA ACREDITACIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA AL SISTEMA DE ACREDITACIÓN ARCU-SUR DEL MERCOSUR**

VELÁSQUEZ SOZA IGNACIO

1

## **ESTRUCTURA DE SEGURIDAD PARA EL ANÁLISIS Y GESTIÓN DE LOGS DE APLICACIONES MULTICAPA**

FIGUEROA FERNÁNDEZ VÍCTOR

14

## **ANÁLISIS DE MODELOS EXPERIMENTALES SEGUN LA PERSPECTIVA COMO GUIA PARA LA INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA CIVIL**

YURQUINA FLORES LUIS ALBERTO

33

## **COMPRESIBILIDAD DE LAS ARCILLAS DEL VALLE CENTRAL DE TARIJA: PARÁMETROS PRINCIPALES, CORRELACIONES Y MODELOS MATEMÁTICOS**

BENÍTEZ REYNOSO ALBERTO, SOTO SALGADO LAURA KARINA

48

## **CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y BIOLÓGICA CONTINUA DURANTE 24 HORAS DE LAS AGUAS RESIDUALES QUE INGRESAN A LA PTAR DE SAN LUIS**

GAMARRA MENDOZA MARIO CARMELO, PERALES AVILÉS MOISÉS, CRUZ LÓPEZ PABLO ANTONIO

56

## **“GEODESIA APLICADA PARA LA INTEGRACIÓN DE DATOS BATIMÉTRICOS PARA EL CONTROL DE SEDIMENTACIÓN EN CUATRO EMBALSES EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA”**

ESCALANTE ÁLVAREZ ADELAIDA EVELIN

74

## **DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL CHORIZO PARRILLERO DEL LABORATORIO TALLER DE ALIMENTOS (L.T.A)**

OLARTE PIMENTEL ZANDI MAGALI, RAMÍREZ RUIZ ERICK

102

## **COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN H-21 CONFINADO LATERALMENTE CON POLÍMEROS REFORZADOS CON FIBRA DE CARBONO**

MORALES RETAMOZO RICARDO NORMANDO

123

# ART. 1

## LA IMPORTANCIA Y EL DESAFÍO DE LA ACREDITACIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA AL SISTEMA DE ACREDITACIÓN ARCU-SUR DEL MERCOSUR



# LA IMPORTANCIA Y EL DESAFÍO DE LA ACREDITACIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA AL SISTEMA DE ACREDITACIÓN ARCU-SUR DEL MERCOSUR

Ing. Ignacio Velásquez Soza  
Ignacio749@gmail.com

Coordinador de la Visita de Pares Académicos para la Evaluación Externa de la Carrera de Ingeniería Química

## Resumen

La certeza que hay un rezago en materia de acreditación internacional está latente en el Sistema Universitario Nacional; Lo reconocen los rectores de universidades públicas, privadas, indígenas y de régimen especial. El índice de competitividad mide la capacidad de los países de proveer altos niveles de prosperidad a sus ciudadanos. A su vez, esta capacidad depende de cuán productivamente un país utiliza sus recursos disponibles. En consecuencia, el índice mide un conjunto de instituciones, políticas y factores que definen los niveles de prosperidad económica sostenible hoy y a mediano plazo. Como se puede observar, Bolivia tiene un índice de 3.54 para el año 2017 ya que no se dispone del dato para el año 2018 y ocupa el puesto 117 siendo el primero Suiza; a nivel latinoamericano solo supera a Venezuela.

La acreditación de un programa o carrera es el resultado de un proceso cuyo objetivo es el de establecer, pública y formalmente, si se cumple con criterios de calidad, fomentando la mejora continua a través de las recomendaciones que formulan los pares evaluadores a través de los respectivos informes.

La acreditación lograda por la Carrera de Ingeniería

Química de la Facultad de Ciencias y Tecnología – UAJMS tiene una vigencia de seis años; a este término, los programas son reevaluados mediante la presentación voluntaria a una nueva convocatoria en base al cumplimiento de las recomendaciones realizadas.

La importancia de este proceso, es que les otorga a los estudiantes, la seguridad de que están formándose en una carrera que cumple con estándares de educación y que les garantiza su calidad como profesionales. El reconocimiento de una acreditación se logra a partir del trabajo conjunto de autoridades, docentes, estudiantes y personal administrativo, quienes diariamente trabajan en el marco del Plan de Desarrollo de la UAJMS, para mantener e incrementar el nivel de calidad.

## 1. Introducción

La evidencia de que existe una falta de cultura en materia de acreditación institucional de carreras en nuestro país ha sido reconocida por rectores de universidades públicas, privadas, indígenas y de régimen especial. Lo reconoce también en el Ministerio de Educación, por lo que declararon prioritaria la creación de la Agencia

Plurinacional de Evaluación y Acreditación de Educación Superior Universitaria (APEASU).

No es para menos. En Bolivia de las 1.661 carreras que se ofertan en las 55 universidades avaladas por el Ministerio de Educación, solo 48 carreras accedieron al sistema de acreditación para el reconocimiento regional de la calidad académica en el ARCU-SUR del Mercosur; es decir, apenas el 2,8 % del total.

### 1.1 Por universidades

Desglosado por universidad, cuentan con titulación Internacional: Mayor de San Andrés (UMSA), Privada de Santa Cruz de la Sierra (UPSA), Privada Del Valle, Mayor de San Simón (UMSS), Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Gabriel René Moreno (UAGRM), Juan Misael Saracho, Autónoma de Pando, Universidad Privada Boliviana, Tecnológica Privada de Santa Cruz (UTEPSA), Técnica de Oruro (UTO), Evangélica Boliviana (UEB), Cristiana de Bolivia (UCEBOL), Aquino de Bolivia (UDABOL) y Técnica Cosmos.

### 1.2 Por carreras

Las carreras que cuentan con titulación regional del Mercosur junto a la cantidad de universidades que la ofertan son: Arquitectura (5), Agronomía (5), Enfermería (3), Veterinaria (1), Ingeniería Civil (5), Ingeniería Industrial (5), Ingeniería Mecánica (2), Ingeniería Eléctrica (2), Ingeniería Electrónica (4), Ingeniería Química (3), Medicina (7), Odontología (6).

*Los datos se dieron en el marco del encuentro de rectores de públicas y privadas en UTEPSA, El Deber 25 /11/2018 Santa Cruz.*

## 2. Sistema de Acreditación para el MERCOSUR (ARCU-SUR),

El Sistema de Acreditación Regional de Carreras Universitarias para el MERCOSUR (ARCU-SUR), es un mecanismo de acreditación de la calidad de una oferta académica de nivel universitario que está orientado a obtener una mejora permanente en la formación de las personas, siguiendo patrones de calidad requeridos para la promoción del desarrollo económico, social, político y cultural de la zona del MERCOSUR

Con esta acreditación se pretende conseguir la consolidación de la sociedad del conocimiento y una comunidad científica regional, orientada a la constitución de un mundo igualitario y de paz, donde prevalezca la responsabilidad, la defensa de los derechos humanos, el medio ambiente y la cooperación solidaria.

Para fines de acreditación, el ARCU-SUR define una lista de cuatro Dimensiones, 17 componentes (Competencias) y 68 criterios de calidad

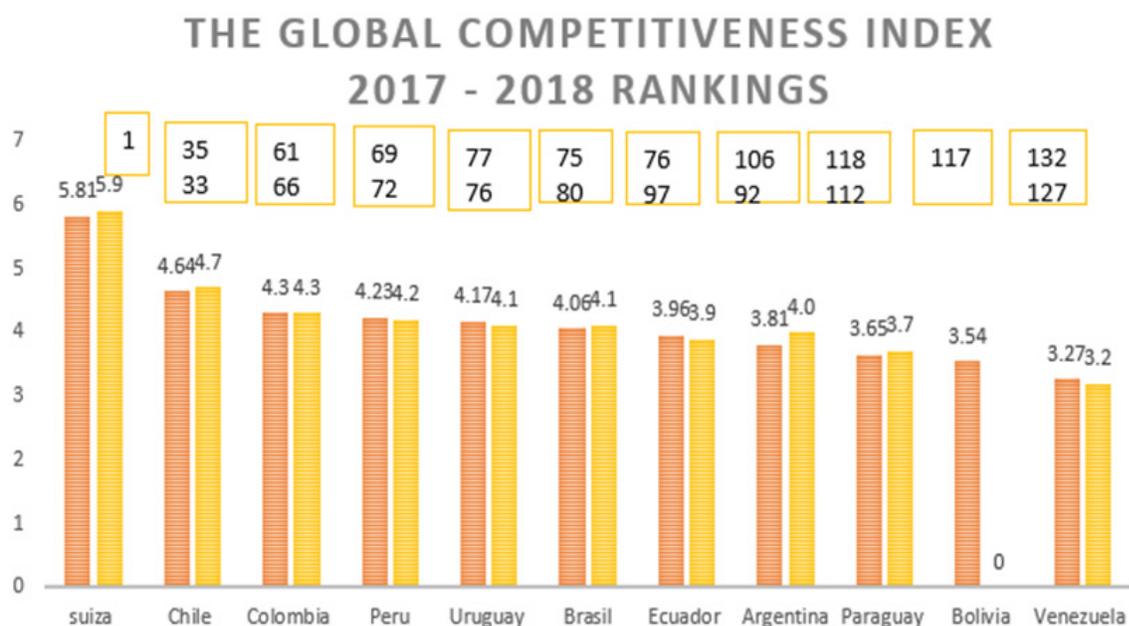
- ✓ **Dimensión 1** Contexto Institucional: 6 componentes 22 criterios de calidad
- ✓ **Dimensión 2.** Proyecto Académico: 4 componentes 20 criterios de calidad
- ✓ **Dimensión 3** Comunidad Universitaria: 4 componentes 14 criterios de calidad
- ✓ **Dimensión 4** Infraestructura: 3 componentes 12 criterios de calidad

El informe señala que, en medio de los rápidos cambios tecnológicos, la polarización política y la frágil

recuperación económica, es fundamental definir, evaluar y poner en práctica nuevas vías de crecimiento y prosperidad. En su edición de 2018 introduce el nuevo Índice de Competitividad Global 4.0, que arroja luz sobre el conjunto de factores impulsores de la productividad y el crecimiento a largo plazo en la era de la Cuarta Revolución Industrial. El informe tiene como objetivo proporcionar directrices que ayuden a los responsables de la formulación de políticas públicas y a otros grupos de interés a dar forma a las estrategias económicas y a supervisar los progresos.

El índice de competitividad mide la habilidad de los países de proveer altos niveles de prosperidad a sus ciudadanos. A su vez, esta habilidad depende de cuán productivamente un país utiliza sus recursos disponibles. En consecuencia, el índice mide un conjunto de instituciones, políticas y factores que definen los niveles de prosperidad económica sostenible hoy y a mediano plazo, como se puede ver en el siguiente cuadro:

### Índice de Competitividad Internacional



Fuente: Klaus Schwab, World Economic Forum the Global Competitiveness Report 2017-2018

Como se puede observar Bolivia tiene un índice de 3.54 para el año 2017 ya que no se dispone del dato para el año 2018 y ocupa el puesto 117 siendo el primero Suiza, a nivel latinoamericano solo supera a Venezuela.

### 3. Historia de la Carrera de Ingeniería Química de la UAJMS

La Evolución de la Carrera de Ingeniería Química dentro del contexto interno y externo pasó por cambios importantes y trascendentales a lo largo de su historia que en la presente gestión cumple años.

En el año 1979, por Resolución del Honorable Consejo Universitario N° 064/79, se aprueba la apertura de la Carrera de Ingeniería Química, con la finalidad de formar recursos humanos destinados a desarrollar y fortalecer la actividad industrial en el país y en particular en el departamento de Tarija.

Dada la vocación agroindustrial de nuestra región, se optó por orientar el perfil profesional hacia el campo de los alimentos.

En los años 1982, 1983 y 1984, se efectuaron varios cambios y modificaciones al Plan de Estudios en lo que se refiere a una actualización de contenidos, programas, definición de objetivos y modificaciones a los sistemas de evaluación, manteniéndose siempre al tanto del avance de la ciencia y la tecnología en el ámbito de las necesidades regionales y del país

A fines del año 1988, se llevó a cabo la primera reunión pre sectorial, donde se elaboró un proyecto de reestructuración académica que nos ha permitido mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje, la administración y organización de la carrera; este proyecto con un nuevo plan de estudios anualizado entró en vigencia el año 1989.

A inicios del año 1997, La Carrera de Ingeniería Química asume la responsabilidad de encarar un nuevo Proyecto de Reestructuración Académica y Reorientación del Perfil Profesional del Ingeniero Químico hacia el campo de la Ingeniería Ambiental, situación que se debe principalmente a los grandes desafíos que afronta nuestro país y el mundo entero en cuanto a la contaminación del medio ambiente y la explotación indiscriminada de sus recursos naturales. En este mismo proyecto se lleva a cabo un estudio de compatibilización con la Carrera de Ingeniería de Alimentos, debido a la gran similitud en los planes de estudio, principalmente en las materias de los dos primeros

años, donde se concluye optar por una estructura común para los dos primeros años.

Cabe resaltar que en este proyecto académico, la carrera de Ingeniería Química es la pionera en dar cumplimiento a las resoluciones y recomendaciones del 8vo., 9no., Congreso y IX Reunión Académica Nacional de Universidades, fundamentalmente en lo concerniente a que la modalidad de graduación de los estudiantes debe estar incluida en el Plan de Estudios.

El año 1999 La Carrera de Ingeniería Química es sometida al primer proceso de auto evaluación, en base a cuyas recomendaciones se encara el Rediseño Curricular con la elaboración de nuevos planes y programas, trabajo que se realizó con el asesoramiento de la Universidad de la Habana (Cuba) a través del CEPES (Centro de Estudios para la Educación Superior).

Como se dijo anteriormente, el año 2000 y 2001, la Carrera encara un nuevo desafío, el proyecto del Rediseño Curricular, mismo que ha sido elaborado por docentes de la Carrera y asesorado por un equipo técnico de la Universidad de la Habana.

Los cambios más importantes de este rediseño fueron los siguientes:

- Estructuración de las materias por semestres con administración anual.
- Actualización de planes y programas de todas las asignaturas.
- Reducción de la carga horaria de 7000 a 5000 horas (cabe aclarar que en la U.A.J.M.S., la hora corresponde a periodos de 45 minutos).

- Inclusión de nuevas materias y eliminación de otras.
- Introducción de espacios curriculares y de integración de los conocimientos en diferentes niveles de formación.
- Creación de cuatro menciones o especialidades, Ambiental, Biotecnología, Ciencias y Tecnología de los Materiales destacando la del Gas y Petróleo.

El año 2001 se implementa la nueva estructura académica de la universidad con la creación de los departamentos y la desaparición de las direcciones o jefaturas de Carrera. A partir del año 2002 entra en vigencia el Rediseño Curricular y el cambio de la estructura organizacional de la carrera, en el marco del proceso de cambio y transformación iniciado en la universidad el año 1998.

Estas nuevas características y transformaciones de fondo, presentan cambios cualitativos y cuantitativos considerados de gran relevancia e importancia para el futuro de la carrera en lo que se refiere al perfil profesional, planes de estudio, modalidad de graduación y calidad de la educación.

## 4. Proyecto Académico de la Carrera

El Diseño Curricular 2001 aprobado por Resolución del Honorable Consejo Universitario N° 204/2001 e implementado el 2002, aún vigente, tiene las siguientes características:

Consta de tres componentes fundamentales: Perfil Profesional, Plan de Estudios, Programa Docente.

### 4.1 Perfil Profesional

El Perfil Profesional propuesto para la Carrera de Ingeniería Química responde a los requerimientos de la época actual del país y de la región, existiendo un vínculo entre el proceso educativo y el entorno social, cuyos objetivos

son compatibles con los establecidos por el MERCOSUR, estos son:

- Proyectar, diseñar, y montar procesos tecnológicos industriales incorporando el desarrollo de la gestión sostenible y que sean económicamente viables e involucren procesos químicos, fisicoquímicos, o biotecnológicos, garantizando la estrecha vinculación de los conocimientos adquiridos por vía académica con la realidad mundial, nacional y en particular con la regional.
- Gestionar, mantener, controlar y operar procesos tecnológicos industriales que involucren procesos químicos, fisicoquímicos y biotecnológicos con respeto hacia el medio ambiente, la seguridad personal e industrial y la legislación vigente.
- Diseñar, ejecutar, evaluar y adaptar tecnología para el mejor aprovechamiento de recursos naturales o materias primas comprendiendo integralmente los problemas ambientales y sus alternativas de solución a partir de un proceso de investigación que respondan a las demandas del sector productivo.
- Modelar y/o simular procesos tecnológicos industriales donde intervienen operaciones unitarias o las destinadas a prevenir o evitar la contaminación ambiental con un alto nivel de responsabilidad, buscando la optimización de los mismos.

### 4.2 Plan de Estudios

Entre los aspectos más relevantes del Plan de Estudios se destacan:

Las materias integradoras o globalizadoras que tienen la particularidad de integrar conocimientos de un determinado nivel y son de entrenamiento profesional que permite al estudiante integrar todo lo que sabe hacer hasta un determinado nivel resolviendo problemas de la actividad profesional.

La flexibilidad del Plan de Estudios, se encuentra plasmadas en las materias electivas y optativas que pueden ser planificadas por cada estudiante de acuerdo con sus intereses y preferencias. Las materias electivas que se ofrecen al estudiante son de corte humanístico mientras que las materias optativas son de corte técnico, es decir referidas a la profesión. De esta manera estas materias, junto con las materias obligatorias contribuyen a la formación integral de los estudiantes de la Carrera.

El Plan de Estudios incorpora, a través del vencimiento de las materias Seminario y Proyecto de Ingeniería Proyecto de Grado del noveno y décimo semestre respectivamente, la graduación de los estudiantes, cuyos objetivos están en correspondencia estrecha con los objetivos del perfil profesional.

Entre otros aspectos y de acuerdo a las Políticas Curriculares de la Universidad, se reduce la carga horaria lectiva total, misma que alcanza las 5022 horas; en cuanto al tiempo de duración de la Carrera es de 5 años, con un régimen académico semestral con administración anual.

Por otro lado el Plan de Estudios de la carrera de Ingeniería Química cumple las exigencias mínimas definidas por ARCU SUR del Mercosur es decir divididas en cinco áreas: Ciencias básicas y matemáticas, Ciencias de la ingeniería, Ingeniería aplicada, Contenidos complementarios, Contenidos particulares y regionales

A continuación se muestra cuadro comparativo de compatibilización de cargas horarias definidas por la carrera de Ingeniería Química con las correspondientes a las exigidas por el ARCU SUR del Mercosur.

Área	Cargas Horarias Mercosur		Cargas Horarias Ingeniería Química	
	horas	%	horas	%
Ciencias Básicas y Matemáticas	750	20	891	23.7
Ciencias Ingeniería	575	15	769	20.4
Ciencias Ingeniería Aplicada	575	15	810	21.5
Contenidos Complementarios	175	5	256	6.8
Sub total	2075	55	2727	72.4
Contenidos Particulares y Regionales	1675	45	1039	27.6
	3750	100	3766	100

### 4.3 Programa Docente

El Programa Docente de la asignatura, conocido también como programa analítico, es el documento que planifica y organiza la ejecución del proceso docente en el periodo académico y presenta la siguiente estructura:

Datos Generales: Facultad, Carrera, Departamento, Código – Sigla, Asignatura, Ubicación en el Plan de Estudios, Horas semana. Horas totales, Fundamentación de la Asignatura, Objetivo de la Asignatura, Sistema de Contenidos, Sistema de conocimientos, Sistema de habilidades, Actitudes, Métodos de Enseñanza-Aprendizaje, Medios de Enseñanza, Sistemas de Evaluación, Distribución del fondo de tiempo, Bibliografía.

## 5. SÍNTESIS DE LA AUTOEVALUACIÓN

En atención a la convocatoria del MERCOSUR para la acreditación de carreras universitarias por el Sistema ARCU SUR del MERCOSUR, La Carrera de Ingeniería Química, de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, con el fin de acceder a la acreditación, ha visto por conveniente encarar la planificación y organización del proceso de autoevaluación y evaluación externa, con el objetivo de valorar el grado de cumplimiento de estándares de calidad, en función al Modelo propuesto por el MERCOSUR, para el logro de una cultura de mejora sostenible y consiguiente acreditación.

Para llevar adelante este proceso la Carrera contó con una Coordinación, la respectiva Comisión Central de Autoevaluación integrada paritariamente por docentes de amplia trayectoria académica y estudiantes de cursos avanzados y con la activa participación de autoridades, docentes, estudiantes, graduados y personal no docente de la Carrera.

El Proceso de Autoevaluación se organizó en las

siguientes etapas

- Planificación
- Divulgación, sensibilización y motivación
- Recolección de la Información
- Procesamiento de la Información
- Elaboración del Informe de Autoevaluación y Plan de Mejora.
- Socialización de los resultados del proceso.
- Presentación del Informe Final de Autoevaluación de la Carrera.

A continuación, se presenta la siguiente síntesis del grado de cumplimiento de los criterios por dimensión, los aspectos favorables y desfavorables, planteándose acciones y estrategias para consolidar la mejora de la calidad de la carrera.

### 5.1 DIMENSIÓN 1 - CONTEXTO INSTITUCIONAL

I - Aspectos favorables o desfavorables del cumplimiento o satisfacción de los criterios y al plan o sugerencias de mejora en el conjunto de la carrera

De los 22 criterios con que cuenta esta dimensión, valorando los aspectos favorables y desfavorables, se establece un porcentaje aproximado del 77% de grado de cumplimiento.

#### II – Acciones para la mejora de la carrera, para prevenir riesgos y/o evitarlos

- Aplicar estrategias para mantener vigente la activa participación docente, estudiantil y personal no docente de la Carrera en todas las actividades de docencia, investigación y extensión.

- Generar espacios de acción para desarrollar actividades de docencia, investigación, extensión y posgrado a través del relacionamiento interinstitucional,
- Gestionar la asignación de recursos de contraparte para la elaboración de proyectos concursables de investigación, extensión y prestación de servicios.
- Actualizar los convenios con instituciones públicas y privadas para la realización de trabajos conjuntos y pasantías.
- Gestionar la firma de más convenios con instituciones públicas y privadas, locales, nacionales e internacionales para captar apoyo y financiamiento de becas a docentes y estudiantes de la Carrera
- Institucionalizar la autoevaluación como un proceso de mejora continua de la calidad de la carrera.

## 5.2 DIMENSIÓN 2 - PROYECTO ACADÉMICO

### I - Aspectos favorables o desfavorables del cumplimiento o satisfacción de los criterios y al plan o sugerencias de mejora en el conjunto de la carrera

- De los 20 criterios con que cuenta esta dimensión, valorando los aspectos favorables y desfavorables, se establece un porcentaje aproximado del 62% de grado de cumplimiento.

### II – Acciones para la mejora de la carrera, para prevenir riesgos y/o evitarlos

- Realizar ajustes en el Diseño Curricular de la carrera a objeto de incorporar carga horaria en laboratorios de cargas troncales.

- Gestionar carga horaria para actividades de investigación e implementar mecanismos de incentivos y motivación para la realización de trabajos y/o proyectos de investigación.
- Realizar modificaciones al reglamento de evaluación de materias inserto en el Régimen Estudiantil
- Hacer cumplir la normativa en cuanto a la permanencia del docente y realizar una adecuada planificación de las actividades docentes, entre ellas, las horas de consulta.
- Implementar una política institucional de fortalecimiento de la investigación que incluya fondos de tiempo para la investigación, mecanismos de incentivos y motivación.
- Descentralizar el posgrado hacia las facultades para una formación posgradual vinculada con la investigación, laboratorios e infraestructura necesaria para estas actividades.
- Buscar financiamiento para poder ejecutar los Convenios Marco relacionados con la carrera.

## 5.3 DIMENSIÓN 3 - COMUNIDAD UNIVERSITARIA

### I - Aspectos favorables o desfavorables del cumplimiento o satisfacción de los criterios y al plan o sugerencias de mejora integradas a la acreditación anterior en el conjunto de la carrera

- De los 14 criterios con que cuenta esta dimensión, valorando los aspectos favorables y desfavorables, se establece un porcentaje aproximado del 67% de grado de cumplimiento.

### II – Acciones para la mejora de la carrera, para prevenir riesgos y/o evitarlos

- Mejorar el sistema de acceso de manera que garantice un aceptable porcentaje de aprobación en los primeros semestres.

- Implementación de clase de apoyo y reforzamiento en las materias básicas
- Gestionar mayor presupuesto para auxiliares de cátedra y de laboratorios
- Actualizar el documento de Diseño Curricular
- Diseñar un sistema de seguimiento a graduados
- Gestionar recursos para la compra de reactivos y equipos para la realización de un mayor número de prácticas.
- Gestionar la oferta de carga horaria para la implementación del Docente Investigador.
- Promocionar dentro de la U.A.J.M.S., Cursos, Seminarios, Talleres de capacitación continua administrativa.
- Promover evaluaciones periódicas del personal docente y administrativo para fines de ascenso de categoría y mejoramiento del desempeño

## 5.4 DIMENSIÓN 4 – INFRAESTRUCTURA

### I - Aspectos favorables o desfavorables del cumplimiento o satisfacción de los criterios y al plan o sugerencias de mejora integradas a la acreditación anterior en el conjunto de la carrera

- De los 12 criterios con que cuenta esta dimensión, valorando los aspectos favorables y desfavorables, se establece un porcentaje aproximado del 68% de grado de cumplimiento.

### II – Acciones para la mejora de la carrera, para prevenir riesgos y/o evitarlos

- Coordinar entre la Dirección de Infraestructura, con UNADEF y la Dirección de cada Departamento, la planificación y seguimiento de la limpieza y mantenimiento de la infraestructura académica y administrativa.

- Incrementar y diversificar el acervo bibliográfico
- Poner en funcionamiento los ascensores para personas adultas y discapacitados.
- Implementar la señalética en todos los ambientes
- Aumentar el ancho de banda y proveer el servicio de WIFI en todo el Campus Universitario.
- Incrementar la suscripción a bases de datos especializadas y difundir entre los usuarios.
- Diseñar un Plan de Equipamiento, y dotación de instrumentos e insumos para incluir en el presupuesto anual necesario.
- Diseñar e implementar una política facultativa de higiene y seguridad para los ambientes académicos y laboratorios

## 6. Observaciones al Informe de Autoevaluación

Observaciones del informe de pares Evaluadores: Rogério Alexandre Alves de Melo (Brasil), Eduardo Ernesto Miró (Argentina), Edith Gabriela Guisbert Lizarazu (Bolivia).

### 6.1 Dimensión I: Contexto Institucional

#### Componente 1: Característica de la Carrera y su Inserción institucional

No se identifican acciones de posgrado a nivel de Carrera de Ingeniería Química, aspecto que limita las ofertas relacionadas al área de especialidad de ingeniería.

#### Componente 2. Organización, Gobierno, Gestión y Administración de la carrera

Existe una reducción presupuestaria debido a la merma de recursos económicos provenientes del Impuesto directo a los Hidrocarburos (IDH). La administración de los recursos económicos es centralizada a nivel institucional.

Con respecto a los recursos propios, la carrera a través de sus laboratorios prevé la ampliación de la oferta de servicios que actualmente se encuentran en desarrollo.

### **Componente 6: Proceso de autoevaluación**

La Carrera ha participado en dos Procesos de Autoevaluación. Sin embargo se evidencia una interrupción del proceso de autoevaluación de la Carrera de Ingeniería Química, como lo manifiesta en su informe de Autoevaluación y es considerado en el plan de acción, la autoevaluación continua.

## **6.2 Dimensión II: Proyecto Académico**

### **Componente 1. Objetivo, Perfil y Plan de estudios**

Con respecto a la actualización curricular, se indica que "se realizaron propuestas de mejoramiento curricular que no fueron aplicados porqué los mecanismos no son ágiles y exigen que las reformas sean a todo el plan de estudio y no parciales por esta razón no se concretaron las propuestas hechas en distintas gestiones. No existe una aplicación efectiva de los mecanismos de actualización curricular por no existir una reglamentación universitaria que permita su aplicación".

El Plan de Estudios es coherente con los propósitos de la Carrera y el Perfil establecido. El perfil del egresado se ajusta a los requerimientos de ARCUSUR. Se asegura la formación del egresado, con un perfil en el marco del diseño.

### **Componente 2. Proceso de enseñanza y aprendizaje**

No esta instituido ni normado las horas de asesoría a los docentes, el apoyo académico por parte del docente al estudiante, que debiera estar claramente definido y programado con especificación de horarios, etc., no está normado y se reduce a la buena voluntad de algunos

docentes que destinan parte de su dedicación a tiempo completo o medio tiempo a esta actividad.

Los resultados del seguimiento académico de los estudiantes muestran índices de aprobación regular, variando desde 35% en los primeros semestres hasta 70% en los últimos, considerando un punto crítico el índice de aprobación de las asignaturas de Ciencias Básicas que resulta el más bajo. Las causa identificadas para los índices críticos son la deficiencia en la formación de los nuevos estudiantes, la falta de motivación, las metas definidas que no son precisamente la formación en ingeniería, y la conveniencia de vivir mediante las Becas que ofrece la Universidad. El tiempo promedio de permanencia de un estudiante en la carrera es de 8 años.

El Consejo de Planeamiento y Seguimiento Curricular, en base a convenios entre la Universidad e Instituciones públicas y privadas ejecuta los mismos en lo referente al vínculo con el sector productivo a objeto de que los estudiantes realicen pasantías y prácticas profesionales, las que benefician a las empresas productoras y a los estudiantes de la universidad. Siendo necesario revisar y actualizar convenios entre la universidad y las empresas productivas que permitan avanzar en el vínculo universidad empresa.

### **Componente 3. Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación**

Las líneas de investigación de la carrera están referidas a las áreas en la que el estudiante puede realizar sus trabajos de grado en la modalidad investigación aplicada. La carrera cuenta con menciones en Gas y Petróleo, Medio Ambiente, Biotecnologías; las investigaciones que se realizan en la carrera están efectuadas por los estudiantes de quinto año. Las áreas son: Medio Ambiente: tratamiento de aguas residuales, relleno sanitario y residuos sólidos,

y contaminación del aire en procesos de combustión deficiente. Biotecnología: extracción y caracterización de aceites esenciales de distintas plantas. Materiales: obtención y preparación de carbones activados. Energía: obtención de biogás, biodiesel.

La comunidad universitaria de la carrera de Ingeniería Química puede acceder a la realización de trabajos de investigación mediante convocatorias locales donde se podrá difundir los resultados de las investigaciones en las Jornadas y Exposiciones Científicas.

Si bien la carrera de Ingeniería Química tiene establecidas las líneas de Investigación, la estructura de la investigación tiene deficiencias ya que los trabajos de investigación no fortalecen a esta estructura debido a que el alcance de los trabajos son a corto plazo, sin profundizar en la investigación aplicada, además de la casi nula publicación en revistas indexadas (solo un artículo). No se ha logrado en plenitud la articulación de la investigación científica en todas las asignaturas del plan de estudios de la carrera, sin embargo, algunas asignaturas de Ingeniería Aplicada logran realizar proyectos de investigación con los estudiantes; cuyo alcance no permite avanzar al desarrollo e innovación de los proyectos realizados. La investigación, desarrollo e innovación están dirigidos principalmente para los estudiantes de cursos superiores, logrando publicar los artículos científicos que reflejan los resultados en las revistas que tiene la Universidad, pero no se plasman en patentes ni publicaciones en revistas internacionales indexadas.

#### **Componente 4. Extensión Vinculación y Cooperación**

Con respecto a los cursos de posgrado, existen programas de formación en disciplinas afines a la carrera que organiza el área de posgrados de la universidad. Se indica que al existir el programa de posgrado dentro de la universidad, es él quien se encarga de la promoción y divulgación de los

cursos ofertados mediante el uso de afiches, trípticos y publicidad televisiva en el canal universitario.

El principal inconveniente para realizar tareas de investigación, extensión y formación de postgrado es la falta de incentivos y horas pagas para la realización de las mismas. Los convenios con empresas para servicios y pasantías son escasos. Prácticamente no existen convenios con universidades extranjeras ni becas para realizar intercambios.

### **6.3 Dimensión III: Comunidad Universitaria**

#### **Componente 1. Estudiantes**

Como mecanismos de seguimiento de la permanencia y egreso de los estudiantes existe un sistema informatizado denominado "Tariquia". No se verifica evidencia de un mecanismo de atención para las dificultades o problemas de aprendizaje en función del rendimiento académico.

Por otra parte la Carrera cuenta con la orientación y asesoramiento a los estudiantes en procesos de investigación y modalidades de graduación. Otro mecanismo de apoyo a los estudiantes viene directamente de los docentes, principalmente de las distintas materias del DPIBA en sus horas de consultas. No se evidenció la sistematización de dichas consultas.

No se evidencia movilidad estudiantil y mucho menos de docentes, de igual manera no se evidenció el Reglamento de Movilidad e Intercambio estudiantil para la carrera de Ingeniería Química.

#### **Componente 2. Graduados**

La Carrera manifiesta y se corrobora in situ la participación de los graduados en actividades de la carrera. En la reunión sostenida con los graduados, en esa interrelación se detecta las debilidades y fortalezas durante el ejercicio laboral, el mercado y la demanda

existente en la sociedad. La metodología más usual es la de recolección de datos a través de encuestas.

Durante la entrevista con los empleadores manifestaron que los egresados no aplicaban los conocimientos adquiridos en el área de la comunicación y liderazgo. El 95% de los titulados y graduados se encontraban trabajando en su profesión.

Actualmente los titulados cuentan con estudios de Postgrado a raíz de convenios que han realizado a través del Colegio de Ingenieros y la Dirección de Posgrado de la UAJMS.

### Componente 3. Docentes

En las entrevistas a los docentes y el acceso a la documentación, se evidencia la poca participación de los docentes en actividades y/o proyectos de investigaciones.

No se evidencia movilidad y/o intercambio de Docentes.

Los Convenios Interinstitucionales favorecen la integración de otros profesionales disciplinares y extra disciplinares en el proceso de enseñar y aprender. La mayoría de los profesionales son egresados de la UAJMS.

## 6.4 Dimensión IV: Infraestructura

**Componente 1. Infraestructura Física y Logística:** Los laboratorios funcionan en el marco de los Planes de Desarrollo, adecuación y mantenimiento de los Laboratorios, son administrados por la Jefatura de Carrera e incluidos en el Plan Operativo Anual (POA). Si bien, durante la entrevista, los estudiantes declararon su conformidad con los laboratorios disponibles, manifestaron que en el laboratorio de CEANID tengan una mejor y mayor participación con trabajos de investigación, teniendo en cuenta el

espacio físico disponible.

Cuentan con su propia bitácora de trabajo además de manuales de funcionamiento con el asesoramiento del encargado de los laboratorios.

Por otro lado, se identifica el Gabinete de Computación para las actividades de enseñanza, donde se evidencia el uso de programas de simulación aplicables a Ingeniería Química, el docente encargado de la materia presenta capacitación al respecto, si bien en el Informe de Autoevaluación presentado se indicaba pendiente la conexión a internet, en la visita de los pares se evidenció el servicio de internet disponible en la Unidad Académica y predios.

Las medidas de prevención y seguridad son reflejadas en la identificación de extractores, sistemas de ventilación, elementos de protección en la red eléctrica, ducha lavajos en los laboratorios, además de la indumentaria necesaria para el ingreso y realización de actividades, principalmente de los laboratorios. Se identifica además, la señalética propia en caso de suceder alguna contingencia. En caso de un servicio de emergencia médica se cuenta con los servicios del Hospital Universitario.

## 7. Conclusiones

La importancia de este proceso, es que les da a los estudiantes, la seguridad de que están cursando una carrera que cumple con estándares de educación y que les garantiza su calidad como profesionales. El reconocimiento de una acreditación se logra a partir del trabajo conjunto de autoridades, docentes, estudiantes y personal administrativo, quienes diariamente trabajan involucrados en el Plan de Desarrollo de la UAJMS, para mantener e incrementar el nivel de calidad.

Sin embargo todavía la carrera debe enfrentar varios desafíos entre los más importantes:

Realizar acciones de posgrado a nivel de Carrera de Ingeniería Química, de manera de incrementar las ofertas relacionadas al área de especialidad de ingeniería.

Institucionalizar la autoevaluación como un proceso de mejora continua de la calidad de la carrera.

Lograr que la investigación tenga un alcance hasta la investigación aplicada, y su publicación en revistas indexadas. Lograr la participación de los docentes en actividades y/o proyectos de investigación.

## 8. Recomendaciones

- ✓ Incrementar la captación de recursos propios de la carrera, a través de sus laboratorios.
- ✓ Realizar ajustes en el Diseño Curricular de la carrera a objeto de incorporar carga horaria en laboratorios de materias troncales.
- ✓ Instituir y normar las horas de asesoría a los docentes, el apoyo académico por parte del docente al estudiante, que debiera estar claramente definido y programado con especificación de horarios, etc.
- ✓ Descentralizar el posgrado hacia las facultades para una formación posgradual vinculada con la investigación, laboratorios e infraestructura necesaria para estas actividades.
- ✓ Revisar y actualizar convenios entre la universidad y las empresas productivas que permitan avanzar en el vínculo universidad empresa.
- ✓ Lograr en plenitud la articulación de la investigación científica en todas las asignaturas del plan de estudios de la carrera.
- ✓ Definir incentivos y horas pagas para la realización de investigación aplicada mediante convenios con empresas para servicios y pasantías.

✓ Lograr convenios con universidades extranjeras para becas y realizar intercambios de docentes y estudiantes.

✓ Definir y normar la orientación y asesoramiento a los estudiantes en procesos de investigación y modalidades de graduación.

✓ Lograr la movilidad de docentes y estudiantes y reglamentar dicha actividad

## 9. Bibliografía

- ☛ CRITERIOS DE CALIDAD para la acreditación ARCU-SUR INGENIERÍA mayo 2015 Sistema ARCU-SUR.
- ☛ MANUAL DE ACREDITACIÓN PARA CARRERAS DE INGENIERÍA EN LA REPÚBLICA ARGENTINA CONFEDI 2000 Diseño Curricular Carrera de Ingeniería Química 2001
- ☛ FORMULARIO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN Sistema ARCU-SUR Guía de Autoevaluación para carreras de INGENIERÍA 2016 Sistema ARCU-SUR Hay seis universidades acreditadas al Mercosur (26/07/2017) EL DEBER SANTA CRUZ INFORME DE AUTOEVALUACIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA Documento presentado para optar la Evaluación por pares Académicos y Acreditación por el Sistema ARCU SUR MERCOSUR 2017
- INFORME PRELIMINAR UNIVERSIDAD POSTULANTE: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO" (UJMS) CARRERA: INGENIERIA QUÍMICA 14 al 16 de noviembre – 2018 Klaus Schwab, World Economic Forum The Global Competitiveness Report 2017–2018 Las 'U' del país, con baja acreditación al Mercosur (27/07/2017) EL DEBER SANTA CRUZ SISTEMA DE ACREDITACIÓN DE CARRERAS UNIVERSITARIAS PARA EL RECONOCIMIENTO REGIONAL DE LA CALIDAD ACADEMICA DE SUS RESPECTIVAS TITULACIONES EN EL MERCOSUR Y ESTADOS ASOCIADOS SISTEMA ARCU-SUR 2015



## **ART. 2**

# **ESTRUCTURA DE SEGURIDAD PARA EL ANÁLISIS GESTIÓN DE LOGS DE APLICACIONES MULTICAPA**



# ESTRUCTURA DE SEGURIDAD PARA EL ANÁLISIS GESTIÓN DE LOGS DE APLICACIONES MULTICAPA

SECURITY STRUCTURE FOR ANALYSIS AND MANAGEMENT OF MULTI-PAPER APPLICATIONS LOGS

**Figueroa Fernández Víctor**

*figo37vic@gmail.com*

## RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo el diseño de un modelo para la implementación de una estructura de seguridad para el análisis y gestión de logs de aplicaciones multicapa, con el propósito de procesar, analizar y monitorear los eventos de seguridad que se presentan diariamente en los sistemas de información y dispositivos tecnológicos en general.

Hoy en día la gran mayoría de los sistemas informáticos y dispositivos tecnológicos poseen mecanismos para generar registros logs, los cuáles contienen información acerca del estado actual y funcionamiento de los mismos.

Actualmente las empresas u organizaciones que cuentan con sistemas informáticos manejan y procesan una gran cantidad de información, estos sistemas generan ficheros logs, con el fin de almacenar los tipos de accesos, errores y alertas que se dan en los distintos niveles de su estructura. Es así que ante cualquier incidente que se esté suscitando como ser ataques de: inserción de código malicioso, denegación de servicios o simplemente una traza de error en el código de un sistema, éstos ficheros logs vienen a

ser de gran utilidad a la hora de facilitar la información para dar respuesta y seguimiento a cualquier evento de seguridad, actualmente la revisión de estos ficheros logs viene a ser un proceso exhaustivo que implica mucho esfuerzo tanto manualmente o a través de un software, causando detención en los servicios brindados, además de generar retrasos y pérdidas de recursos al analizar, buscar e identificar qué tipo evento se suscitó y en qué lugar de la estructura se generó, dado el volumen y la cantidad de registros logs que se generan diariamente. Ante esto surge la necesidad de las empresas de disponer de un sistema de análisis de la actividad de los sistemas, aplicaciones y equipos en general, cuya información se registra en los ficheros de logs que estos generan.

Es por ello que el análisis y gestión de logs aportan un valor agregado a la seguridad de la información dentro de las organizaciones, según Chuvakin, Schmidt, & Phillips, (2013) esta información analizada y gestionada adecuadamente podría convertirse en una base de datos de incidentes y eventos con utilidad en diversos fines, entre los cuales se encuentran la:

Administración de recursos, detección de intrusiones, la resolución de problemas, análisis forense y auditorías,

además de prevenir comportamientos inadecuados que causen fallas en los sistemas, garantizando la continuidad del negocio. Los métodos científicos que se utilizaron en el presente trabajo son el método deductivo, mediante el cual nos permite realizar un estudio comparativo de las principales metodologías, regulaciones, normas y guías de seguridad consultadas en la bibliografía y herramientas relacionadas con el análisis y gestión de logs, para que en base a los hechos observados nos permitan llegar a una propuesta de una solución. Entre los principales resultados obtenidos a través del desarrollo del presente trabajo de investigación resaltamos los siguientes:

1. Análisis de las metodologías, estándares inmersos en la gestión de logs.
2. Establecimiento de un procedimiento o modelo con los pasos necesarios para el diseño e implementación de la estructura de seguridad para el análisis y gestión de logs.
3. Selección de herramientas en software libre que satisfaga la estructura propuesta.
4. Implementación del modelo propuesto para el análisis y gestión de logs, tomando como caso de prueba ficheros logs del Sistema Académico Tariquia.

## **PALABRA CLAVE**

Seguridad informática, Logs, Sistemas informáticos, Aplicaciones, eventos de seguridad, vulnerabilidad.

## **ABSTRACT**

This study aims to design a model for the implementation of a security structure for the analysis and management of multilayer application logs, with the purpose of processing, analyzing and monitoring the security events that occur daily in the systems. of information and technological devices in general. Today, the vast majority of computer systems and

technological devices have mechanisms to generate log records, which contain information about their current status and operation.

Currently companies or organizations that have computer systems handle and process a large amount of information, these systems generate log files, in order to store the types of access, errors and alerts that occur at different levels of its structure.

Thus, in the event of any incident that is occurring, such as attacks of: insertion of malicious code, denial of services or simply a trace of error in the code of a system, these log files are very useful when it comes to facilitating the information to respond and follow up on any security event, currently the review of these log files is an exhaustive process that involves a lot of effort either manually or through software, causing stoppage in the services provided, as well as generating delays and Resource losses when analyzing, searching and identifying what type of event was generated and where in the structure it was generated, given the volume and quantity of logs that are generated daily. Given this, the need arises for companies to have a system for analyzing the activity of systems, applications and equipment in general, whose information is recorded in the log files they generate. That is why log analysis and management contribute an added value to information security within organizations, according to Chuvakin, Schmidt, & Phillips, (2013) this information analyzed and managed properly could become a database of Incidents and events with utility for various purposes, among which are:

Resource management, intrusion detection, problem solving, forensic analysis and audits, as well as preventing inappropriate behaviors that cause system failures, ensuring continuity of the system. deal. The

scientific methods that were used in the present work are the deductive method, by means of which it allows us to carry out a comparative study of the main methodologies, regulations, norms and safety guides consulted in the bibliography and tools related to log analysis and management, so that based on the observed facts allow us to arrive at a proposal for a solution. Among the main results obtained through the development of this research work we highlight the following:

1. Analysis of methodologies, standards immersed in log management.
2. Establishment of a procedure or prototype with the necessary steps for the design and implementation of the security structure for log analysis and management.
3. Selection of free software tools that satisfy the proposed structure.
4. Implementation of the proposed structure for log analysis and management, taking as a test case log files of the Tariquia Academic System.

## KEYWORDS

Computer security, Logs, Computer systems, Applications, security events, vulnerability.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día la información es considerada como uno de los activos más valiosos para las organizaciones. Los avances tecnológicos, en especial los que tienen que ver directamente con el manejo y procesamiento de la información han facilitado de forma significativa la labor de las empresas en general, es por ello que ante el crecimiento y desarrollo de las tecnologías de información también son muchas las amenazas a las que una organización debe hacer frente.

Los logs son registros de todos los eventos que ocurren dentro de los sistemas, aplicaciones y redes. Cada entrada en estos archivos contiene información relacionada a un evento específico que ocurrió dentro del sistema o red.

En un entorno TIC la mayoría de elementos son capaces de generar diferentes tipos de logs. Con referencia a Chuvakin, Schmidt, & Phillips, (2013, pág. 32) estos logs se pueden clasificar en:

- **Logs de Seguridad**, que se enfocan en eventos de detección y respuesta ante ataques, infección de código malicioso, robo de datos y otros incidentes de seguridad.
- **Logs de Operaciones**, que se produce para proveer información útil respecto a la ejecución de tareas y procesos en los sistemas.
- **Logs de Depuración de Aplicaciones**, este tipo específico de logs se utiliza por programadores en ambientes de desarrollo (aunque su empleo no se recomienda también se pueden habilitar en ambientes de producción) para la verificación de la funcionalidad de la aplicación evaluada.

Una **aplicación multicapa** generalmente es un sistema de información que está organizado en varias capas, cada una de las cuales contiene un conjunto de clases con responsabilidades relacionadas con la capa a la que pertenecen.

Según Pamplona, (2018) las arquitecturas más comunes generalmente, se adopta una arquitectura para cada sistema de información, en función de sus ventajas e inconvenientes. Las arquitecturas más universales son: **Monolítica, Cliente-servidor, Arquitectura de tres niveles.**

Actualmente podríamos afirmar que la mayoría de los medios tecnológicos, generan ficheros logs, en donde

podemos encontrar todos los registros sobre la actividad y funcionamiento de los mismos, como ser un dispositivo de una red de datos, de un software o sistemas de información, bases de datos, servidores web, y aplicaciones en general.

Parte importante de la implementación y mantenimiento de los sistemas de información es el análisis del funcionamiento y estado actual de los sistemas.

Este análisis es importante para conocer y verificar la integridad de los servidores y el rendimiento de los equipos, para detectar fallas en el hardware y software, además de descubrir comportamientos que afecten la funcionalidad de las aplicaciones para luego tomar decisiones que mejoren la productividad y calidad de los servicios brindados.

Es por ello donde se denota la importancia de contar con sistemas capaces de analizar y procesar estos datos y ofrecer resultados en tiempo real de manera eficiente, que ofrezcan una visión clara y precisa de lo que está sucediendo, facilitándonos de gran manera la detección temprana de errores, debilidades, vulnerabilidades y ataques a los Sistemas de Información.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los métodos científicos que se utilizaron en el presente trabajo son el método deductivo.

En cuanto a las técnicas e instrumentos que se utilizaron en este proyecto de investigación, son un análisis comparativo y documental, dado que se trabaja a partir de los datos que surgen de la indagación de diferentes normas, regulaciones y herramientas referentes al análisis y gestión de logs, y la observación en el proceso de la implementación del caso de prueba.

En cuanto a las metodologías para la gestión de logs existen una gran cantidad de normas y leyes, incluidas en PCI DSS, FISMA, CAG, GPG13 entre otras y marcos de mejores

prácticas, como la NIST 800-92 e ISO2702.

A continuación, se describen algunas de las regulaciones y cómo éstas se relacionan con los logs, el análisis de logs, y la gestión de logs.

### ISO/IEC 27002

Publicada desde el 1 de Julio de 2007, es el nuevo nombre de ISO 17799:2005, manteniendo 2005 como año de edición. Es una guía de buenas prácticas que describe los objetivos de control y controles recomendables en cuanto a seguridad de la información. No es certificable. Contiene 39 objetivos de control y 133 controles, agrupados en 11 dominios.

Como se ha mencionado en su apartado correspondiente, la norma ISO 27001 contiene un anexo que resume los controles de ISO 27002:2005. (El portal de ISO 27001 en Español, 2012). Para este trabajo de investigación se tomó en cuenta el control, **A.12.4 Registros y monitoreo de Logs**, citado a continuación:

El Anexo **A** de (**ISO/IEC 27002:2013**) tiene la subsección **A.12.4** Registro y monitoreo, para ayudarnos a manejar la mayoría de los problemas que se presentan en la gestión de logs:

➤ **12.4.1 Eventos y logs:** Registra información sobre acceso y acciones de usuarios, errores, eventos, etc. en sistemas de información. En este caso, si tiene múltiples aplicaciones, puede ser interesante enviar los logs generados por cada uno a un servidor central. Para ello, puede configurar un servidor syslog (syslog es un estándar para el registro de mensajes y puede operar en una red con una estructura de aplicación cliente-servidor), que básicamente le permitirá centralizar todos los logs en un servidor único.

➤ **12.4.2 Protección de la información de logs:** Los log deben estar protegidos, ya que no pueden

ser eliminados o modificados por personas no autorizadas. En general, cuando un atacante obtiene acceso a un sistema no autorizado, él elimina toda la información generada en los logs, para eliminar la evidencia de cualquier acción que haya llevado a cabo. Por lo tanto, debe establecer las reglas que permitan la modificación de estos registros solo por ciertas personas y, por otro lado, obviamente, las medidas de control de acceso del sistema deben fortalecerse.

➤ **12.4.3 Logs de administrador y operador:** los privilegios de los administradores y operadores de sistemas son diferentes de los privilegios de usuario normales, lo que significa que pueden realizar más acciones en los sistemas. En algunos casos, dicha actividad por defecto no se registra, y eso es un error porque si un atacante obtiene acceso a un sistema no autorizado, probablemente intente adquirir permisos de administrador y realice todas las acciones con los derechos de usuario de este administrador. Por lo tanto, los sistemas deberían registrar información sobre todos los usuarios, independientemente de los privilegios que tienen en los sistemas.

➤ **12.4.4 Sincronización del reloj:** Todos los sistemas deben configurarse con la misma hora y fecha; de lo contrario, si ocurre un incidente y queremos llevar a cabo una prueba de trazabilidad de lo que ha sucedido en los diferentes sistemas involucrados, puede ser difícil si cada uno tiene una configuración diferente. Por lo tanto, el escenario ideal sería que los sistemas tengan un tiempo sincronizado, y esto se puede lograr de manera automatizada con servidores de tiempo (conocidos técnicamente como servidores NTP, donde "NTP" significa un protocolo de Internet para la sincronización de relojes de sistemas).

## PCI DSS

Las Normas de seguridad de datos de la industria de tarjetas de pago (PCI DSS) se desarrollaron para fomentar y mejorar la seguridad de los datos del titular de la tarjeta y facilitar

la adopción de medidas de seguridad uniformes a nivel mundial. (Normas de Seguridad de la PCI & LLC, 2016)

Para este trabajo de investigación se tomo en cuenta las siguientes tareas relacionadas con la gestión de logs, citados a continuación:

*Activación de los registros (logs) de auditoria, Configuración de los datos a ser registrados, Protección de los registros de eventos.*

## NIST 800-92.

Guía para la gestión de registros de seguridad informática.

Para la realización de este proyecto de investigación se tomó como base la presente guía para la gestión de logs el cual nos traza los pasos necesarios para diseñar e implementar una estructura de gestión de logs, el cual describirnos a continuación:

El Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) desarrolló este documento en cumplimiento de sus responsabilidades legales bajo la Ley Federal de Administración de Seguridad de la Información (FISMA) de 2002, Ley Pública 107-347, esta guía ha sido preparada para su uso para las agencias federales. (IBM, 2018)

La guía comienza con una introducción a la administración de logs de seguridad informática y sigue con tres secciones principales:

- Infraestructura de gestión de logs.
- Planificación de gestión de logs.
- Procesos operacionales de gestión de logs.

De hecho, esta es la forma correcta de pensar en cualquier proyecto de gestión de logs desde las organizaciones generalmente tienen desafíos con la planificación, la arquitectura de logs construcción, y luego con la

operación en curso, que debe mantenerse para siempre que la organización exista.

Kent & Souppaya, (2014) proporciona una visión general de alto nivel y orientación para la planificación, el desarrollo y la implementación de una estrategia efectiva de gestión de logs de seguridad en la cual define una infraestructura de gestión de logs como la que tiene cuatro funciones principales:

- **Generación:** análisis de logs, filtrado de eventos y agregación de eventos.
- **Almacenamiento de logs:** rotación, archivo, compresión, reducción, normalización, comprobación de integridad;
- **Log Análisis:** correlación de eventos, visualización e informes.

*Eliminación – limpieza.*

Además, aborda los siguientes desafíos de administración de logs de seguridad:

- Establecer políticas y procedimientos para la gestión de logs.
- Priorizar la gestión de logs de forma adecuada en toda la organización.
- Crear y mantener una infraestructura de gestión de logs.
- Proporcionar el soporte adecuado para todo el personal con responsabilidades de gestión de logs.
- Establecer procesos operativos de gestión de logs estándar.

## FISMA

Es una ley federal diseñada para las agencias federales que abarca la Gestión de la Seguridad de la Información de 2002 (FISMA), De acuerdo con la ley, la guía detallada

ha sido desarrollada por NIST para cubrir los detalles del cumplimiento de FISMA. (Chuvakin, Schmidt, & Phillips, 2013, pág. 362)

- A continuación, se detalla la guía FISMA / NIST en elementos accionables que se pueden implementar y mantener:
- La política de logs es lo primero. Pero no significa nada sin procedimientos operativos que se desarrollan base y política y luego poner en practica. (NIST, 2014)
- Esto probablemente requerirá cambios de configuración a múltiples tipos de sistemas; actualizaciones a los estándares de configuración prescritos en otra parte del documento están en orden. (NIST, 2014)
- En función de la política, defina qué evento se registrará y qué se generarán y registrarán detalles para cada evento (AU-3). Comience el registro según. (NIST, 2014).
- Considere registrar toda la conectividad de salida para detectar la ex filtración de datos (Asegúrese de que las sesiones de acceso de usuario estén registradas. (NIST, 2014)
- Defina los métodos de almacenamiento de logs y los tiempos de retención y retener los registros generados. (NIST, 2014)
- Proteger los registros de los cambios, mantener el tiempo preciso para preservar la evidencia de los logs. (NIST, 2014)
- También de acuerdo con la política, implementar procedimientos de revisión de logs e informe de generación. Distribuir informes a las partes que deberían ver la información (también según la política creada en el ítem 1). (NIST, 2014).

**RESULTADOS :** A continuación, se expone los principales resultados obtenidos en la investigación detallados en los siguientes puntos.

Para la realización del modelo de la estructura de seguridad para el análisis y gestión de logs de aplicaciones informáticas, se tomó como base las actividades propuestas en la guía NIST SP800-92, complementándolo con algunas de las actividades con la norma ISO 27002, PCI, FISMA y la guía de gestión de logs de Chuvakin, Schmidt, & Phillips, (2013), de los cuáles se extraen las tareas y criterios necesarios para la gestión de logs.

Según el análisis de las normas y/o regulaciones, las etapas para el diseño e implementación de la estructura para el análisis gestión de logs debe estar conformado por las siguientes etapas, **Planeación, Diseño, Selección de Herramientas e Implementación.**

## I. Etapa de Planeación.

En esta etapa de planificación se complementó con la guía (Logging and Log Management), FISMA en donde se definen los criterios necesarios para el diseño de la estructura.

- Definir roles y responsabilidades.
- Definir fuentes generadoras de logs.
- Establecer Políticas y Procedimientos de logs para la; Generación de logs, Transmisión de logs, Análisis de logs, Establecer políticas alcanzables, Seguimiento de políticas, Hacer referencia a normas y regulaciones.
- Diseño de la infraestructura de gestión de logs.

## II. Etapa de Diseño de la infraestructura tecnológica

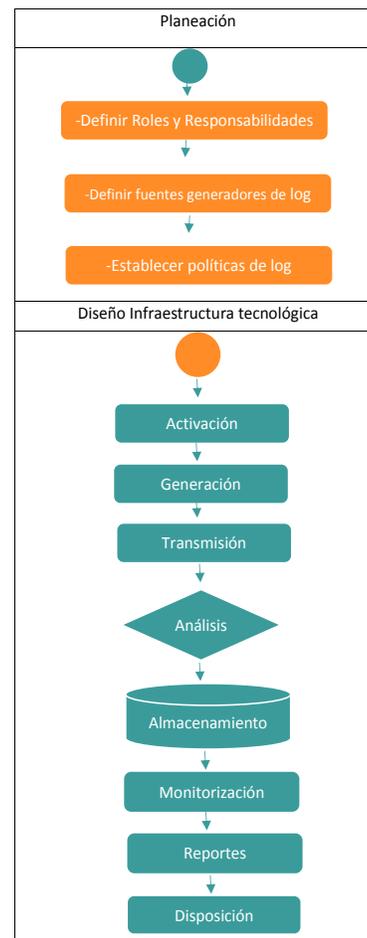
Las actividades para la etapa de diseño se complementaron con la norma ISO 27002 12.4, EMC-RSA, PCI y la guía (Logging and Log Management) en donde se debe adecuar una infraestructura tecnológica para la gestión centralizada de logs de acuerdo a las siguientes actividades.

- Activación de logs.
- Generación de logs.

- Transmisión de logs.
- Análisis de logs.
- Almacenamiento de logs.
- Monitorización.
- Generación de reportes.
- Mitigación de incidentes.
- Disposición de logs.
- Seguridad del registro de logs.

De acuerdo a las etapas de **planeación** y **diseño** anteriormente descritas la **Estructura de seguridad para el análisis y gestión de logs de aplicaciones informáticas con arquitectura multicapa** queda de la siguiente manera:

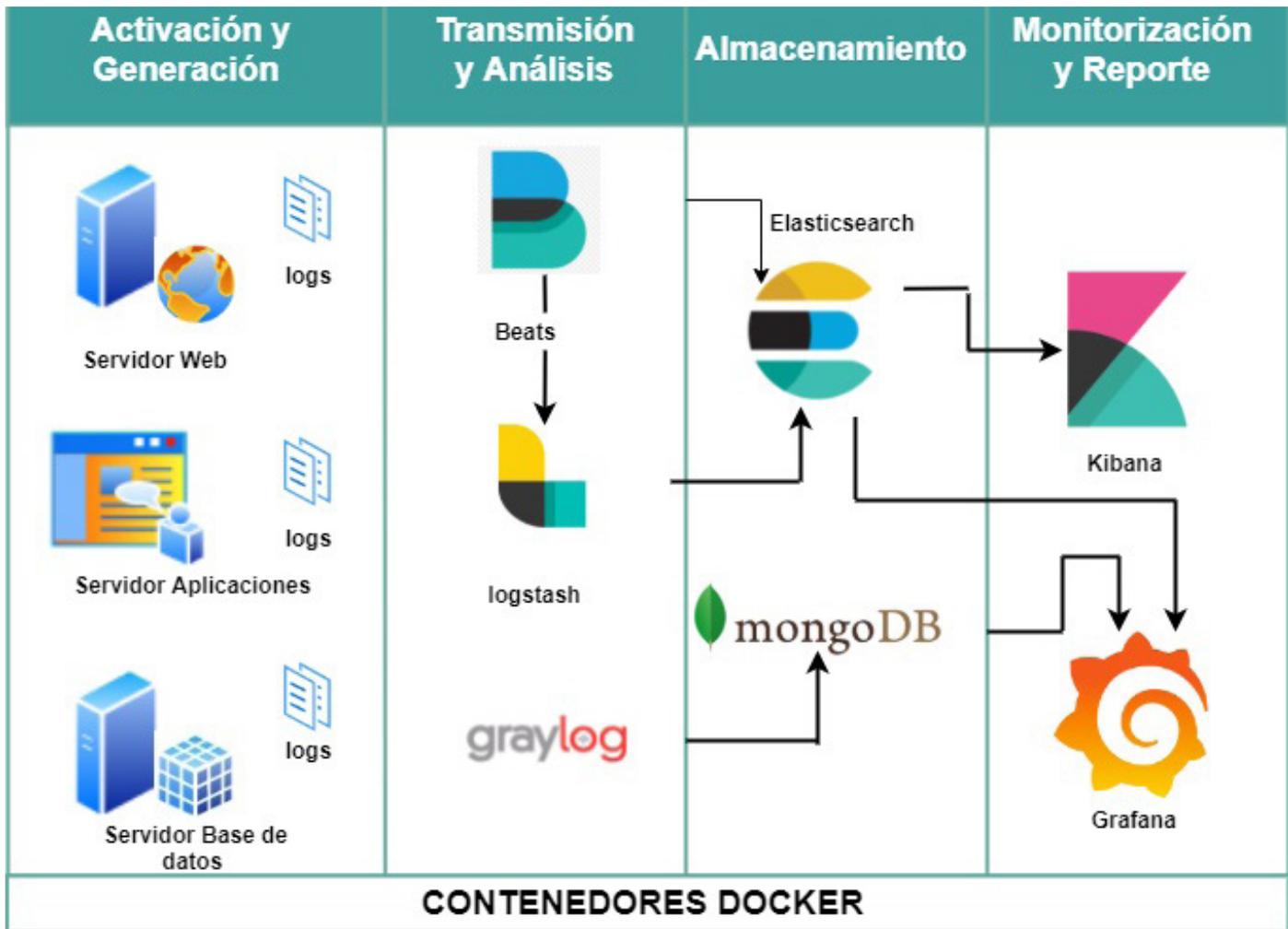
Figura 1. Estructura de seguridad para el análisis y gestión de logs.



### III. Selección de herramientas en software libre en base a la estructura propuesta.

A la hora de seleccionar herramientas se tiene en cuenta las etapas de infraestructura de gestión de logs según la NITS y el diseño de la estructura tecnológica definida en el anterior punto.

Figura 2.  
Estructura Tecnológica para la gestión y análisis de logs



A continuación, se describe las herramientas para la implementación de la estructura tecnológica, tomando en cuenta que existen otras soluciones y que las herramientas seleccionados para cada fase son opcionales y están sujetas a requerimientos en cuanto capacidad y disponibilidad de recursos para su instalación y puesta en marcha.

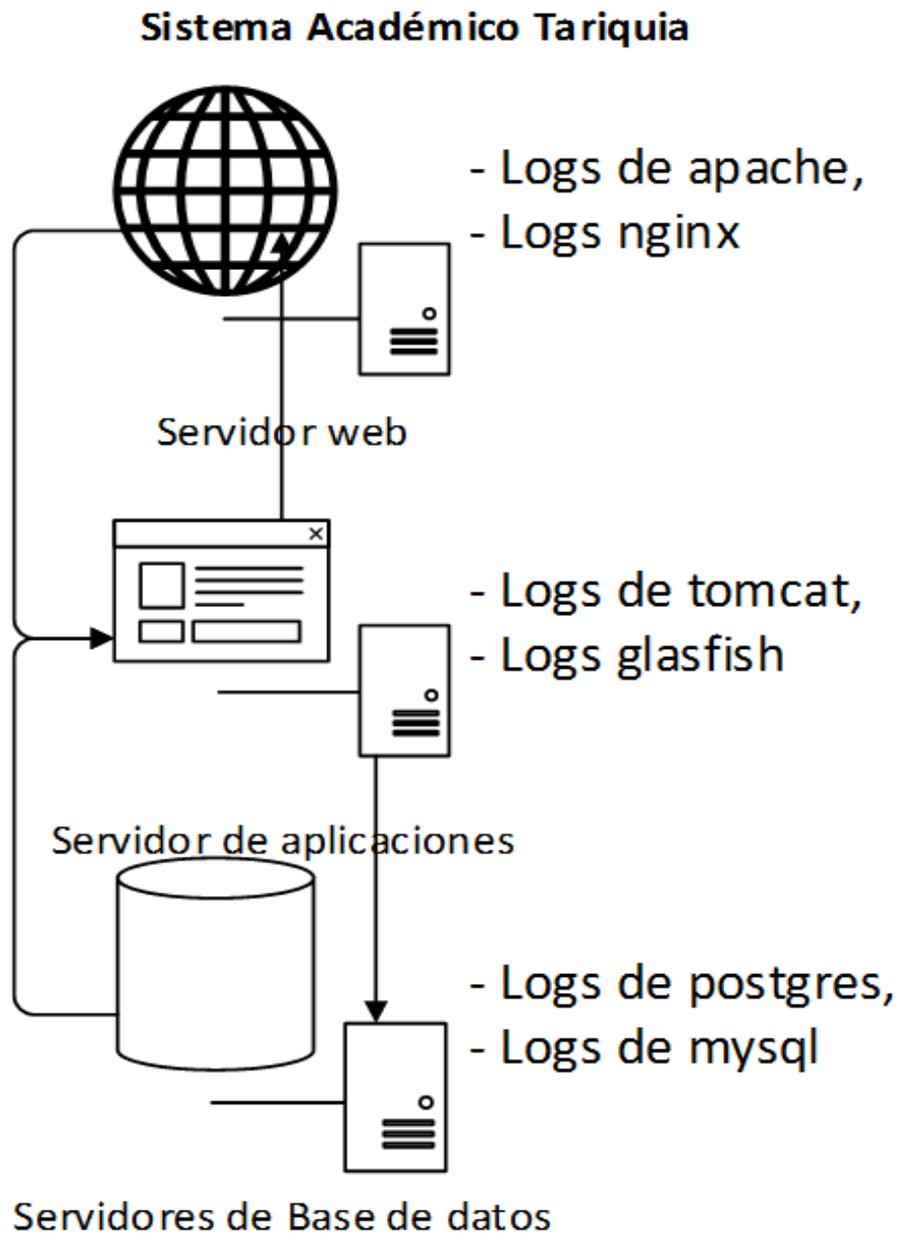
- **Docker.** Es un proyecto de código abierto que automatiza el despliegue de aplicaciones dentro de contenedores de software, proporcionando una capa adicional de abstracción y automatización de virtualización de aplicaciones en múltiples sistemas operativos.

- **Graylog.** Se trata de uno de los productos de gestión de logs más completos existentes en el mercado, ya que ofrece funcionalidades de monitorización, además del análisis y almacenamiento de mensajes. Para la recepción y el análisis cuenta con un servidor desarrollado en Java, mientras que para labores de monitorización ofrece una aplicación web escrita en Ruby que permite visualizar los mensajes y la actividad del servidor. (Graylog, 2018).
  - **Beats.** Los Beats son agentes ligeros que se integran en las aplicaciones o servicios que tenemos y que mandan todo tipo de información hacia Logstash o Elasticsearch. Hay varios Beats ya disponibles como son: *Filebeats, Metricsbeats, Packetbeat, Network Data, Winlogbeat, Auditbeat, Heartbeat* (Elasticsearch, 2018).
  - **Logstash** Es una fuente de procesamiento de datos de fuente abierta, del lado del servidor que ingiere datos de una multitud de fuentes simultáneamente, las transforma y luego las envía a su "alijo" favorito (nuestra es Elasticsearch, naturalmente). (Elasticsearch, 2018)
  - **Elasticsearch.** Es un motor de búsqueda basado en Apache Lucene que permite indexar grandes cantidades de datos para su posterior consulta de forma eficiente. Los datos o documentos que se indexan no necesitan tener una estructura determinada, aunque para un mejor funcionamiento y explotación de los mismos es recomendable su definición. (Canto, 2016)
  - **MongoDB.** Es una base de datos orientada a documentos. Esto quiere decir que, en lugar de guardar los datos en registros, guarda los datos en documentos. Estos documentos son almacenados en BSON, que es una representación binaria de JSON.
  - **Kibana** te permite visualizar tus datos de Elasticsearch y navegar por Elastic Stack, de modo que puedes hacer cualquier cosa, desde saber por qué te están bus
- cando a las 2:00 a.m. hasta comprender el impacto que la lluvia puede tener en tus números trimestrales. (Elasticsearch, 2018)
- **Grafana.** Es una herramienta de código abierto para el análisis y visualización de métricas. Se utiliza frecuentemente para visualizar de una forma elegante series de datos en el análisis de infraestructuras y aplicaciones.
  - Implementación de la estructura de seguridad tomando como caso de prueba logs del sistema académico Tariquia.
    - Como caso de prueba tomaremos el Sistema Académico Tariquia de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, el cual es un sistema que maneja información crítica en el desarrollo de las actividades y operaciones diarias de la UAJMS, el sistema académico Tariquia está compuesto por una infraestructura de aplicaciones que interactúan entre sí, los cuales generan logs en los distintos niveles como ser: logs de servidores web, logs de servidores de aplicaciones y logs de los servidores de base de datos.
- Las actividades que tomaremos en cuenta para la implementación de la estructura propuesta son las siguientes:
- De las actividades descritas anteriormente a continuación, se realiza el análisis y el desglose de los pasos propuestos.

## Definición de roles y responsabilidades

Se debe definir las responsabilidades dentro del proceso de gestión de logs, para que la gestión sea adecuada, se identifiquen las actividades de cada rol con respecto a los logs y definir las personas que se encuentran involucradas en el proceso.

Figura 3.  
Estructura multicapa del Sistema Académico Tariquia



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.  
Definición de roles y responsabilidades, caso de prueba.

Roles según la NITS	Roles UAJMS	Responsabilidades según la NITS
<b>Administradores de sistemas y redes</b>	Jefe de sistemas de información, jefe de comunicación y mantenimiento de servicios, administradores de sistemas, administradores de bases de datos	Generalmente son los responsables de la configuración y activación de logs en las aplicaciones y dispositivos de red, además que deben ser los responsables en la administración y mantenimientos de los registros logs,
<b>Administradores de seguridad</b>	Jefe de sistemas, jefe de comunicación y mantenimiento, jefe de contenidos virtuales.	Son los responsables del seguimiento y monitorización de los registros logs
<b>Equipos de respuesta a incidentes de seguridad informática</b>	Técnicos analistas y programadores, técnicos de comunicación y mantenimiento	Encargados de usar datos de logs para manejar algunos incidentes que suscitan a diario
<b>Desarrolladores de aplicaciones</b>	Técnicos analistas y programadores	Encargados de configurar la generación de logs en el proceso de desarrollo de aplicaciones en general.

Fuente: Elaboración propia.

Según las actividades descritas en la Etapa I, a continuación, se realizó el análisis y el desglose de los pasos propuestos.

#### a. Definición de roles y responsabilidades.

Como se evidencia en la **Tabla 1**, se definió las responsabilidades dentro del proceso de gestión de logs, para que se identifiquen las actividades de cada rol con respecto a la gestión de logs, además se definió las

personas que se encuentran involucradas en el proceso.

#### b. Definición de fuentes generadoras de logs.

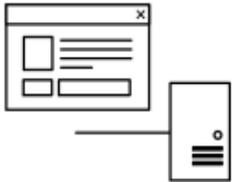
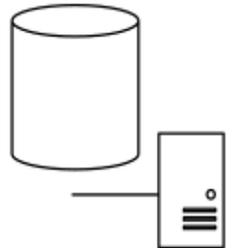
A continuación, como se evidencia en la Tabla 2, se definió las fuentes generadoras de logs de acuerdo al funcionamiento de la arquitectura del sistema Tariquia.

#### c. Establecer políticas de logs.

En esta fase la unidad encargada de la infraestructura TI debe definir políticas para el análisis gestión de logs en

Tabla 2.

Fuentes generadoras de logs. caso de prueba.

Origen	Fuentes generadoras de logs	Descripción
 <p>Servidor web</p>	<p>Servidor Apache Servidor Nginx</p>	<p>Logs de accesos Logs de errores</p>
 <p>Servidor de aplicaciones</p>	<p>Tomcat</p>	<p>Log de accesos Log de errores</p>
 <p>Servidores de Base de datos</p>	<p>Postgres</p>	<p>Log de errores</p>

Fuente: Elaboración propia.

todas sus etapas, así de esta manera se norma el funcionamiento y procedimiento de la misma, para el caso de prueba se definió las siguientes políticas de manera práctica:

El área de sistemas de la información está encargada de asegurar la activación y generación además del análisis y gestión de logs de seguridad de los sistemas de la organización, garantizando

su continuidad, seguridad y reducción de posibles incidentes en procesos estratégicos de la organización.

La responsabilidad de la gestión de logs es del ingeniero de seguridad de la organización quien debe asegurar la operación, monitoreo, respuesta de incidentes y fallas además de la actualización del proceso de gestión de logs.

Se deben asegurar la generación de logs de auditoría y de seguridad en los sistemas críticos para los procesos de la organización.

Los responsables de los logs serán los técnicos analistas que tienen actividades de administradores y desarrolladores de cada uno de los sistemas, quienes tendrán que asegurar la activación, generación y transmisión de los mismos, además de definir y filtrar los tipos de logs de mayor impacto en sus sistemas para su análisis posterior.

#### **d. Diseño de la infraestructura de gestión de logs.**

Se deben disponer de todos los recursos tecnológicos necesarios para implementar y mantener una estructura de seguridad de análisis y gestión de logs, además toda infraestructura para la gestión de logs debe involucrar mínimamente los siguientes puntos:

##### ➤ **Activación de logs.**

Se deben identificar las aplicaciones que manejan información crítica, que formarán parte del proceso de análisis y gestión de logs.

##### ➤ **Almacenamiento de logs.**

Se deben establecer medios de resguardo y respaldo de los ficheros logs generados.

##### ➤ **Retención de logs.**

Se deben establecer criterios de almacenamiento de los ficheros logs en la base de datos de tal manera que se mantenga y priorizar los recursos consumidos.

##### ➤ **Seguridad de logs.**

Se deben establecer técnicas y procedimientos que garanticen la disponibilidad e integridad de los ficheros logs, de tal manera que los registros almacenados sean fiables a la hora de realizar un análisis.

##### ➤ **Monitoreo de logs.**

Se deben establecer criterios de monitoreo, en cuanto a que información visualizar, cuadros de mando, tablas, gráficos, que estén disponibles en tiempo real y también de manera histórica, además de definir un tipo de visualización por roles.

##### ➤ **Disposición de logs.**

Se debe establecer criterios de eliminación de los logs, en cuanto a información histórica obsoleta, además de establecer técnicas automatizadas para la eliminación de los mismos.

A continuación, se realizó la implementación de la estructura tecnológica para la gestión de logs en base a las actividades y procesos descritos, en la Etapa II y Etapa III, diseño y selección de herramientas.

#### **e. Implementación de la infraestructura tecnológica.**

En esta etapa se realizó la implementación de la estructura en base a las actividades y procesos establecidos en el diseño y selección de herramientas.

1. Para lo cual necesitaremos las siguientes herramientas:

- **DockerPara MacOS**
- **OS X Catalina 10.11 o una versión más nueva de macOS ejecutándose en una Mac 2010 o posterior, con el soporte de hardware de Intel para la virtualización MMU.**
- **Al menos 4 GB de RAM.**
- **Imágenes Docker.**
  - Imagen de Elasticsearch
  - Imagen de Beats
  - Imagen de Logstash
  - Imagen de Kibana comando
  - Imagen Grafana

2. Una vez descargadas las imágenes, se realizó con las configuraciones de los **contenedores**, tomando como base el proyecto **docker-compose** compartido en el repositorio **github**, el cual permite adecuar las configuraciones a nuestras necesidades.

**2.1. Docker Compose.** Es una herramienta que permite simplificar el uso de Docker, generando scripts que facilitan el diseño y la construcción de servicios. Docker Compose, por defecto, busca instrucciones en el archivo `docker-compose.yml`.

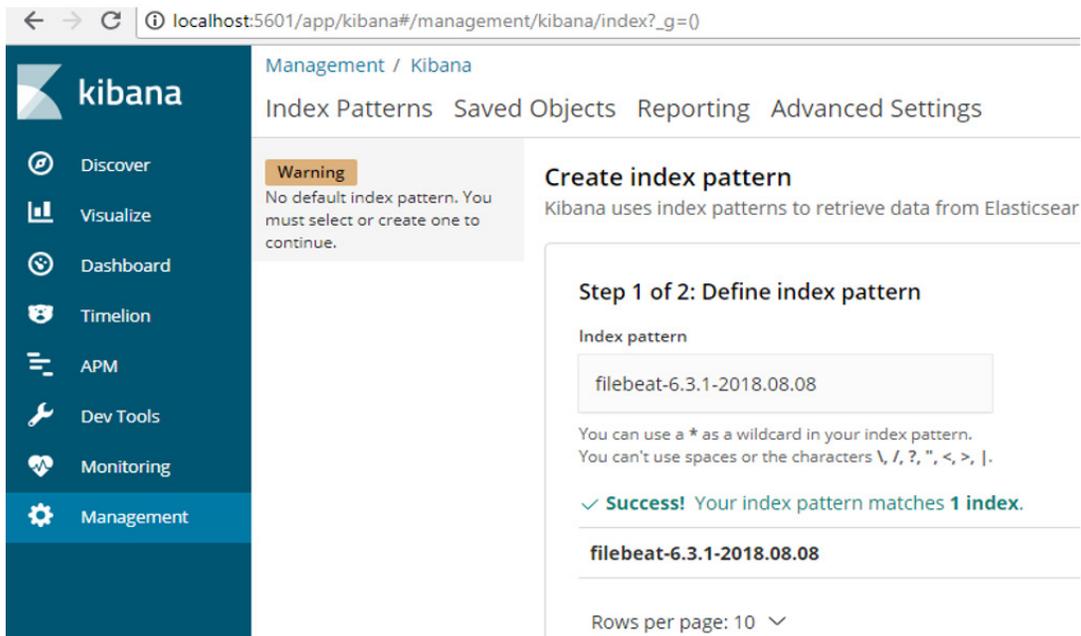
3. Como se aprecia en la **Figura 3**, una vez configurado el archivo `docker-compose.yml` se procedió ejecutar el archivo con el siguiente **comando**:

Figura 3.  
Ejecutando `docker-compose.yml`

```
$ docker-compose -f docker-compose.yml up
Starting dockernelkmaster_elasticsearch_1 ... done
Starting dockernelkmaster_kibana_1 ... done
Starting dockernelkmaster_logstash_1 ... done
Attaching to dockernelkmaster_elasticsearch_1, dockernelkmaster_kibana_1, dockernelkmaster_logstash_1
```

Comando:  
**\$ docker-compose -f docker-compose.yml up**

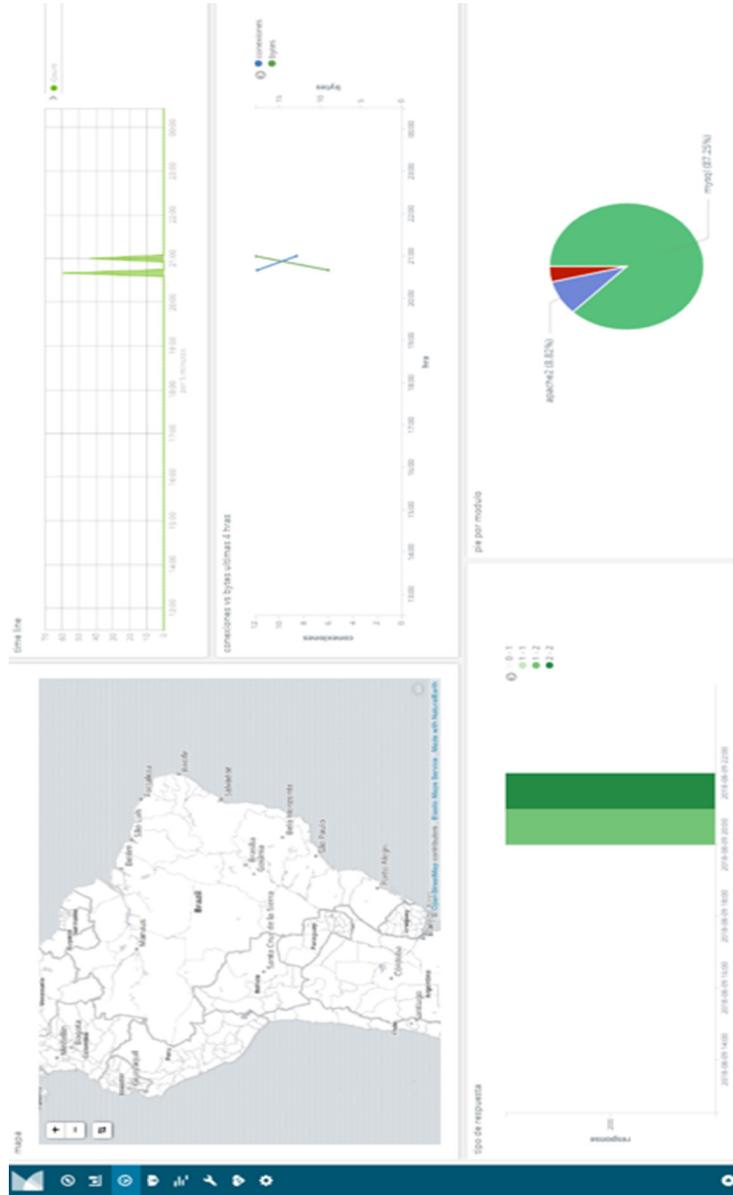
Figura 4.  
Creando índices en kibana



En la **Figura 4**, se aprecia como se procedió a configurar los índices de Elasticsearch a través de Kibana los cuáles combinados poseen características y funcionalidades que nos permite utilizar y trabajar con grandes cantidades de datos, facilitándonos el manejo de búsquedas, filtros, creación de gráficos, entre otras funcionalidades.

En la **Figura 5**, se puede apreciar un cuadro de mando o Dashboard en tiempo real de los registros logs, el cual gracias Beats y Logstash que van recolectando y filtrando los ficheros logs, haciendo que el seguimiento a estos registros sea aun mas efectivo, cabe aclarar que kibana posee muchos cuadros y métricas permitiendo crear Dashboards personalizados que se ajusten a nuestras necesidades.

Figura 5. Dashboards de monitorización y seguimiento en tiempo real



## DISCUSIÓN

Entre los principales resultados obtenidos en la investigación se pudo constatar lo siguiente:

Por medio de las metodologías, regulaciones y guías de buenas prácticas relacionadas en la gestión de logs, se procedió a determinar los pasos y actividades necesarias para el diseño e implementación de una estructura de seguridad para el análisis y gestión de logs, sin embargo, es importante aclarar que existen otras metodologías que se pueden ajustar a distintas necesidades, de las cuales también se pueden obtener otros criterios a la hora de diseñar una estructura para la gestión de logs.

Con el diseño de la estructura para el análisis y gestión de logs, el número de fuentes generadoras de logs varía según el tamaño y estructura tecnológica de cada organización, esto hace que los datos procesados requieran una distinta planificación para la asignación de recursos, debido a esto es importante establecer políticas para el diseño e implementación de la infraestructura tecnológica, con el fin de contar siempre con los recursos necesarios para cumplir los objetivos del proceso, por tal motivo cada organización debe establecer sus propias políticas de acuerdo a su realidad.

Con relación a las herramientas seleccionadas se ha procedido a evidenciar que cumplen con los criterios mínimos para el análisis y gestión de logs, facilitándonos de gran manera el seguimiento, el monitoreo en tiempo real, visualizaciones por tipo de rol, reportes gráficos, estadísticas, entre otras funcionalidades.

Cabe aclarar que algunas de las Herramientas de uso libre poseen limitaciones que son evidentes en organizaciones con infraestructura tecnológica más grandes, debido a la cantidad de recursos que son

necesarios para el análisis y gestión de logs, además de temas como almacenamiento y seguridad.

En relación a la implementación del caso de prueba se logró obtener los siguientes resultados:

Mantener un control centralizado de los archivos logs generados por las aplicaciones informáticas multicapa: servidor de aplicaciones, servidor de base de datos.

Tener control centralizado de los incidentes registrados en los servidores asociados a los sistemas de información.

Mantener un análisis en tiempo real de la infraestructura de las aplicaciones informáticas y los servicios ejecutados.

Priorizar los eventos recibidos de vulnerabilidades y errores en las aplicaciones.

Presentar reportes gráficos de los diferentes eventos que suceden en las aplicaciones: servidor de aplicaciones, servidor de base de datos, como también las conexiones entrantes.

Los resultados obtenidos coinciden con el estudio de (David, Fabio, & Cristian, 2015), cuyos resultados permite afirmar que el análisis y gestión de logs colaboran en la toma de acciones y decisiones preventivas y correctivas de ámbito técnico, tecnológico y seguridad de la información, que busca reducir las vulnerabilidades de las tecnologías de la información en las instituciones.

Por otra parte, (Carrión Ramírez, 2015), con su trabajo de investigación denominado: "Diseño e Implementación de una solución de gestión centralizada de logs de aplicaciones", Confirma la existencia de una enorme cantidad de información potencialmente relevante para la seguridad de una organización, y la importancia de filtrar y procesar los logs recolectados desde las fuentes generadoras proporcionada por LogStash que permite descartar una enorme cantidad de información irrelevante con relación a los objetivos específicos planteados en la

política de gestión de logs.

En cuanto a las herramientas y la metodología para la gestión de logs (Alegre Diez, 2016) argumenta que estas aportan, decisiones más rápidas, decisiones más inteligentes, análisis de datos predictivos, además de un control en tiempo real sobre algún evento o incidente de seguridad.

Finalmente, entre algunas recomendaciones tenemos:

Es necesario establecer formatos de logs para las distintas fuentes generadoras de logs con el fin de estandarizar, y facilitar el procesamiento y análisis de los mismos.

Al momento de implantar una solución para el análisis y gestión de logs es necesario considerar un modelo o metodología de referencia estándar; sin embargo, se constató que el elemento fundamental, y por consiguiente más problemático, se encuentra en la definición de una política global para cada organización para el análisis y gestión de logs.

## BIBLIOGRAFÍA

- ☛ Vieda, M. (6 de junio de 2013). Manuel Vieda Software Engineer. Obtenido de Manuel Vieda Software Engineer: <https://manuelvieda.com/blog/administracion-de-logs/>
- ☛ Universidad, B. (mayo de 2018). ESTATUTO ORGÁNICO, REGLAMENTOS Y DISPOSICIONES DE LA UNIVERSIDAD BOLIVIANA, APROBADOS EN EL X CONGRESO NACIONAL DE UNIVERSIDADES. La Paz. Obtenido de UMSA: [http://portal.faadu.edu.bo/faadu/images/FAADU/Docs/a01\\_estatuto\\_universidad\\_boliviana.pdf](http://portal.faadu.edu.bo/faadu/images/FAADU/Docs/a01_estatuto_universidad_boliviana.pdf)
- ☛ Stackify. (26 de mayo de 2017). Best Log Management Tools: 51 Useful Tools for Log Management, Monitoring, Analytics, and More. Obtenido de <https://stackify.com/best-log-management-tools/>
- ☛ Society, T. I. (2001). The BSD syslog Protocol. Obtenido de The BSD syslog Protocol: <https://www.ietf.org/rfc/rfc3164.txt>
- ☛ Shenk, J. (3 de noviembre de 2018). SANS Institute. Obtenido de SANS Institute: <https://www.sans.org/reading-room/whitepapers/analyst/eighth-annual-2012-log-event-management-survey-results-sorting-noise-35230>
- ☛ Secretaria de Desarrollo, U. (2009). MANUAL DE ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES. tarija.
- ☛ SANS Institute InfoSec Reading Room. (octubre de 2014). Ninth Log Management Survey Report. Obtenido de <https://www.sans.org/reading-room/whitepapers/analyst/ninth-log-management-survey-report-35497>
- ☛ SANS Institute. (2014). Ninth Log Management Survey Report. Log Management Survey. Obtenido de SANS Institute.
- ☛ NIST. (2014). National Institute of Standards and Technology. Obtenido de National Institute of Standards and Technology: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-53r3.pdf>
- ☛ Laboratory Information Technology. (2006). Guide to Computer Security Log Management.
- ☛ ISO/IEC 27002:2013. (octubre de 2013). iso2700.es. Obtenido de iso2700.es: <http://www.iso27000.es/download/ControlesISO27002-2013.pdf>
- ☛ ISO tools. (19 de marzo de 2015). ISO tools. Obtenido de PLATAFORMA TECNOLÓGICA PARA LA GESTIÓN DE LA EXCELENCIA: <https://www.isotools>.

org/2015/03/19/que-son-las-normas-iso-y-cual-es-su-finalidad/

☛ Graylog, I. (3 de julio de 2018). Graylog. Obtenido de Enterprise Log Management for All: <https://www.graylog.org/>

☛ grafana. (4 de julio de 2018). grafana labs. Obtenido de <https://grafana.com/>.

☛ Gracia, L. L. (31 de julio de 2018). un poco de java. Obtenido de <https://unpocodejava.com/2013/07/30/que-es-kibana/>

☛ EMC-RSA. (2018). EMC-RSA Envision. Obtenido de EMC-RSA Envision: <http://www.eircomictdirect.ie/docs/rsa/envision-wp.pdf>

☛ Elasticsearch. (2018). elastic. Obtenido de elastic: <https://www.elastic.co/elk-stack>

☛ elasticsearch. (2018). elastic. Obtenido de logstash: <https://www.elastic.co/products/logstash>

☛ Docker Inc. (6 de julio de 2018). docker. Obtenido de <https://www.docker.com/>

☛ Couto, J. A. (2 de agosto de 2014). MongoDB: Características y futuro. Obtenido de <http://juanroy.es/es/mongodb-caracteristicas-y-futuro/>

☛ Consejo sobre Normas de Seguridad de la PCI, & LLC. (abril de 2016). Industria de tarjetas de pago (PCI). Obtenido de Industria de tarjetas de pago (PCI): [https://es.pcisecuritystandards.org/\\_onelink\\_/pcisecurity/en2es/minisite/en/docs/PCI\\_DSS\\_v3-2\\_es-LA.pdf](https://es.pcisecuritystandards.org/_onelink_/pcisecurity/en2es/minisite/en/docs/PCI_DSS_v3-2_es-LA.pdf)

☛ conogasi.org. (2 de septiembre de 2018). conogasi. Obtenido de [conogasi.org/articulos/clasificacion-de-software-de-sistemas-y-aplicaciones/](https://conogasi.org/articulos/clasificacion-de-software-de-sistemas-y-aplicaciones/)

☛ CIS. (29 de julio de 2018). Twenty Critical Controls for Effective Cyber Defense. Obtenido de Consensus Audit Guidelines: <https://www.sans.org/critical-security-controls/>

☛ Chuvakin, D., Schmidt, K., & Phillips, C. (2013). Logging and Log Management - The Authoritative Guide to Understanding the Concepts Surrounding Logging and Log Management. USA: Elsevier.

☛ Carrión Ramírez, B. (2015). Diseño e Implementación de una solución de gestión centralizada de logs de aplicaciones, sistemas y dispositivos basada en Logstash que permita la creación de cuadros de mando para explorar, analizar y monitorear eventos de seguridad.

☛ Canto, D. M. (febrero de 2016). damarcant. Obtenido de ELK Stack (I): indexación de documentos con Elasticsearch: <http://damarcant.blogspot.com/2016/02/elk-stack-i-indexacion-de-documentos-con-elasticsearch.html>

☛ Big Data International Campus. (2018). Big Data Blog. Obtenido de Big Data Blog: <http://www.campusbigdata.com/big-data-blog/item/82-data-mining-vs-big-data>

☛ Amoedo, D. (23 de mayo de 2018). Uibunlog. Obtenido de Grafana, un software de código abierto para análisis y supervisión: <https://ubunlog.com/grafana-software-analisis-supervision/>

☛ Adame Lorite, J. (2 de octubre de 2012). Bytes & Chips. Obtenido de Bytes & Chips: <https://bytesandchips.net/2012/10/02/consejos-y-buenas-practicas-del-logging-de-aplicaciones/>

☛ Acosta, J. (10 de octubre de 2017). Openwebinar. Obtenido de <https://openwebinars.net/blog/que-es-elk-elasticsearch-logstash-y-kibana/>

☛ AccelOps. (2013). Good Practice Guide (GPG13). Obtenido de [http://www.infosecurityeurope.com/\\_\\_novadocuments/48577?v=635304353883700000](http://www.infosecurityeurope.com/__novadocuments/48577?v=635304353883700000)

☛ El portal de ISO 27001 en Español. (2012). Obtenido de El portal de ISO 27001 en Español: <http://>

[www.iso27000.es/iso27000.html](http://www.iso27000.es/iso27000.html)

☛ ArcSight SIEM. (2018). Obtenido de <http://www8.hp.com/us/en/software-solutions/siem-security-information-event-management/index.html>

☛ Apache http server project. (2018). Obtenido de Apache http server project: <http://httpd.apache.org/docs/current/logs.html>

☛ alienvault. (31 de julio de 2018). Obtenido de <https://www.alienvault.com/>.

☛ Kent, K., & Souppaya, M. (2014). "Guide to Computer Security Log Management". Gaithersburg,: National Institute of Standards and Technology.

☛ David, J., Fabio, L., & Cristian, A. (2015). GUÍA METODOLÓGICA PARA LA GESTIÓN CENTRALIZADA DE REGISTROS DE SEGURIDAD A TRAVÉS DE UN SIEM. Bogota: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.

☛ Alegre Diez, B. A. (2016). Gestion de logs. Universidad Internacional de la Rioja.

# ART. 3

## ANÁLISIS DE MODELOS EXPERIMENTALES SEGUN LA PERSPECTIVA COMO GUIA PARA LA INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA CIVIL



# ANÁLISIS DE MODELOS EXPERIMENTALES SEGUN LA PERSPECTIVA COMO GUIA PARA LA INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA CIVIL

ANALYSIS OF EXPERIMENTAL MODELS ACCORDING TO THE PERSPECTIVE AS A GUIDE FOR RESEARCH IN CIVIL ENGINEERING

**LUIS ALBERTO YURQUINA FLORES**  
yurquinaf17@yahoo.es

Ingeniero Civil MSc, Docente de la Carrera de Ingeniería Civil, Departamento de Topografía y Vías de Comunicación

## RESUMEN

Los problemas encontrados en los proyectos de titulación del Departamento de Topografía y Vías de Comunicación, son principalmente por el poco o nada de conocimiento que tienen los estudiantes, sobre la teoría de la Metodología de Investigación.

Casi todos los proyectos revisados, declararon en el título, verbos de acción, que identifican a la perspectiva, el desarrollo fue realizado con procedimientos de otras perspectivas, por último la presentación de resultados, pertenece a otra o ninguna perspectiva.

La principal consecuencia es la incongruencia entre lo declarado en el título, su planificación, desarrollo y presentación de resultados, obviamente desmotiva al estudiante y muchas de las veces, abandona el trabajo.

Se hace necesario estructurar procedimientos lógicos, con pasos secuenciales, que se encuadren a lo exigido por la perspectiva. Estos deben ser sustentados por teorías científicas, que se relacionan con la Metodología de la Investigación.

En tal sentido; se propone una simbiosis entre las

experiencias vividas por el autor y las teorías científicas que respaldan este trabajo de investigación. Se estructuran los modelos empíricos, que son aplicados a lo largo de dos años consecutivos, en etapas semestrales, dónde se modificaba a medida que se obtenía resultados parciales.

Los resultados finales, produjeron indicadores positivos sobre la aplicación de los modelos empíricos según la perspectiva.

Actualmente, sigue aplicándose los modelos empíricos, de tal manera en un futuro próximo, estos sean suficientes, como para cubrir las deficiencias encontradas en los proyectos de investigación.

## PALABRAS CLAVE.

Modelos, empíricos, perspectiva.

## ABSTRACT

The problems encountered in the degree projects of the Department of topography and Communication Pathways, are mainly due to the little or no knowledge students have about the theory of Research Methodology.

Almost all the projects reviewed, declared in the title, action verbs, which identify the perspective, the development was carried out with procedures from other perspectives, finally the presentation of results, belongs to another or no perspective.

The main consequence is the inconsistency between what is stated in the degree, its planning, development and presentation of results, obviously demotivates the student and often leaves the job.

It is necessary to structure logical procedures, with sequential steps, that fit the requirements of the perspective. These must be supported by scientific theories, which are related to the Research Methodology.

In that sense; a symbiosis is proposed between the experiences lived by the author and the scientific theories that support this research work. The empirical models are structured, which are applied over two consecutive years, in semiannual stages, where it was modified as partial results were obtained.

The final results produced positive indicators on the application of empirical models according to the perspective.

Currently, empirical models continue to be applied, so in the near future, these are sufficient, to cover the deficiencies found in research projects.

**KEYWORDS :** Models, empirical, perspective.

## INTRODUCCIÓN

La perspectiva es la disciplina desde la cual se guía centralmente la investigación (Sampieri, 2014)...como el encuadre que debe tener una investigación científica... casi siempre la perspectiva se representa por medio de una palabra o verbo de acción (Ivonne, 2013), por ejemplo; analizar, comparar, identificar, estudiar, diseñar, entre muchos otras.

En tal sentido, la perspectiva significa una forma de proceder y aplicándola a una investigación, se podría afirmar que la investigación tiene su propia forma de proceder o desarrollarse en correspondencia de su perspectiva.

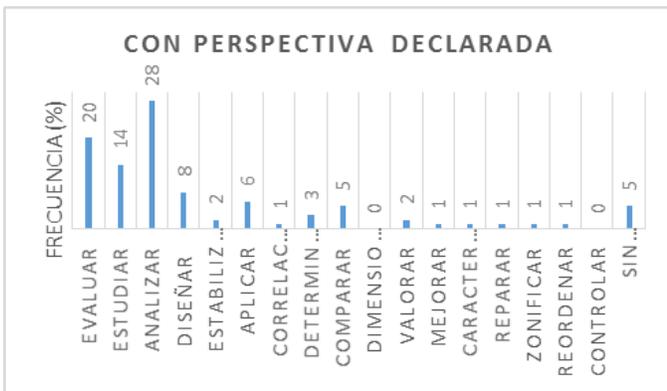
La realidad en varios de los trabajos de investigación, consideran a la perspectiva como una palabra dentro del título, pero no desarrollan su procedimiento, menos presentar los resultados en formato de su propia perspectiva. Entonces surge la pregunta; ¿Cuál es la incidencia que tiene la perspectiva en el desarrollo de un trabajo de investigación científica?

El autor del presente artículo, considera como investigaciones científicas, a todos los trabajos que en su desarrollo, comprenden las cinco etapas del método científico; la idea, hipótesis, experimentación, teoría y ley.

Las unidades de muestra, corresponden a los proyectos de grado defendidos formalmente, en el departamento de Topografía y Vías de comunicación, que pasaron las diversas etapas del método científico. Así mismo; los estudiantes que realizaron estos trabajos, serán considerados los investigadores. Como se mencionó antes, varios trabajos de proyecto de grado, que utilizan en su título un verbo de acción o perspectiva, su contenido desarrolla procedimientos que no corresponden a la perspectiva declarada, la presentación de los resultados son de otra perspectiva. Esta situación es una deficiencia, que genera incongruencia entre todas las etapas de la investigación.

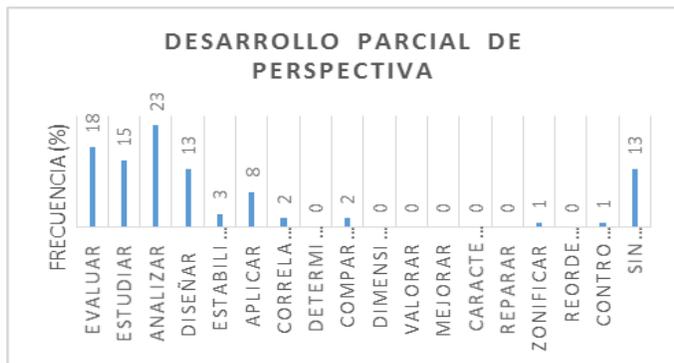
La consecuencia; es que se produce desorden y confusión, haciendo que el cumplimiento de los objetivos, la verificación de la hipótesis y otros, tengan un camino dificultoso y sobre todo costoso, frustrando al investigador que muchas veces termina abandonando su investigación. En el siguiente cuadro, se observa la cantidad de trabajos defendidos de manera formal, clasificados según su perspectiva. Los trabajos considerados, son hasta mediados de la gestión 2018.

**Cuadro 1.1**  
Proyectos con perspectiva declarada.



También se revisó a profundidad la totalidad de trabajos, que declararon y tuvieron la intención para desarrollar una perspectiva.

**Cuadro 1.2**  
Proyectos con perspectiva parcialmente desarrollada



La cantidad de trabajos con los resultados relacionados con la perspectiva declarada, se muestra en el siguiente cuadro.

**Cuadro 1.3**  
Proyectos con resultados relacionados a la perspectiva.



Esos cuadros prueban de manera contundente, que los estudiantes que realizaron los trabajos de investigación, no tienen claro los conceptos sobre desarrollar la etapa experimental, usando la perspectiva.

El primer cuadro se lo elabora, con la finalidad de saber, cuantos proyectos declararon una perspectiva en su título, la muestra fue el total de los trabajos (416) hasta mediados de la gestión 2018; claramente se observa que solo el 95% declaró una perspectiva en su trabajo.

La perspectiva más usada es la de Analizar, con el 28%, luego le sigue Evaluar con 20%, Estudiar con el 14%, etc.

El segundo cuadro, propone los resultados de la revisión de la misma muestra, considerando aquellos trabajos que usaron de forma parcial lo que propone la perspectiva declarada. Desde luego, solo se asemeja una tendencia de parecido a la perspectiva; en ningún trabajo se pudo apreciar un procedimiento de perspectiva al 100%

El tercer cuadro; propone un revisión de los resultados, en este se trató de asemejar si la presentación de resultados de cada trabajo, tenían alguna relación con lo que pide su perspectiva declarada.

Una clara conclusión, es que ningún proyecto ha llegado a usar una perspectiva, en por lo menos un 24%, denotando claramente, que desconocían sobre estos procedimientos.

Se podría decir que el desarrollo de un proyecto, es en forma de experiencias, tomando decisiones con aciertos, pero también desaciertos, obteniendo resultados inesperados, no buscados y muchos otros, que lo único que hacen es bajarle la calidad que se busca en un proyecto de investigación.

Se propone en este trabajo, establecer nuevos modelos experimentales, que a lo largo de varios años, se pudieron modificar y corregir, para ser utilizados de nuevo, repitiéndose en varias ocasiones y llegar a la fase final.

El criterio que se siguió para estructurar los modelos experimentales según la perspectiva, fue el de combinar la experiencia de los temas realizados, con la teoría que propone el Método Científico (Rossana, 2007), los pasos de la experimentación lógica y el flujograma como herramienta principal de organización.

La aplicación de los modelos experimentales, fue desarrollada en muestras de 20 estudiantes en promedio, que se encontraban cursando la asignatura de Proyecto de titulación, que tenían la necesidad de estructurar un proyecto de investigación.

Las deficiencias en el área de la metodología de la investigación, fueron notorias, había que enseñarles a generar un problema e identificar su causal principal – objeto de investigación – el diseño teórico tuvo su normal desarrollo, sin embargo el diseño metodológico, mostró complicaciones que había que superar.

La teoría del diseño metodológico, se hace complicada para los estudiantes de ingeniería, ellos están acostumbrados a tratar con secuencias lógicas, expresadas en variables numéricas...una teoría de este tipo se le hace pesada.

La propuesta de los modelos experimentales, llega para que ellos tengan un norte fijo a seguir durante el desarrollo de su investigación, estos debían estar en un lenguaje simple, en pasos organizados de forma secuencial, donde sea fácil de interpretar y aplicar.

El ciclo de un proyecto de investigación, corre desde su ejecución y presentación de resultados, recomendable que no se interrumpa y el seguimiento, sea con el mismo

docente.

En el caso del departamento estudiado, el proceso de titulación, se divide en dos asignaturas; la primera, donde se hace la planificación del diseño teórico y metodológico, y la segunda, donde se debería desarrollar todo lo planificado.

Lamentablemente esta división de asignaturas, ocasiona una interrupción, que se acentúa cuando en la segunda asignatura, es otro el docente que hace el seguimiento y que además, exija cambios no considerados en la planificación.

Esta situación, genera la necesidad de que en la planificación, se tenga que considerar pasos precisos para la fase de la experimentación, por lo que los modelos experimentales, pueden llenar los vacíos identificados.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS.

### 2.1. Problema, objetivos e hipótesis.

El análisis de los antecedentes, hace identificar de forma clara, el fenómeno que ocurre con los trabajos de titulación, considerados en el presente, como proyectos de investigación. Casi todos usan la perspectiva simplemente como un verbo de acción, pero no desarrollan su verdadero procedimiento, muchos confunden los conceptos y comienzan a mezclar perspectivas dentro de un mismo trabajo de investigación.

**El problema se define como;** *¿De qué manera, se puede estructurar un modelo experimental, para orientar el procedimiento según su perspectiva?*

**Así mismo; el objetivo general, puede interpretarse de la siguiente manera.**

Analizar bases teóricas y experimentales, para estructurar modelos empíricos según su perspectiva; de tal manera, se establezca procedimientos lógicos para desarrollarse en un trabajo de investigación.

### Los objetivos específicos son;

- Recopilar la información de la base de datos de proyectos defendidos de manera formal.
- Revisar una muestra confiable de proyectos de investigación.
- Establecer la fundamentación teórica de respaldo.
- Elaborar los modelos experimentales según su perspectiva.
- Aplicar los modelos experimentales a la estructuración de proyectos de investigación.
- Modificar los modelos experimentales de acuerdo a lo observado durante su aplicación.
- Clasificar los resultados en forma cuantitativa y cualitativa.

La hipótesis planteada, responde a;

*Aplicando los modelos empíricos según la perspectiva a los proyectos de investigación, se podrá mejorar los procedimientos en la fase experimental.*

## 2.2. Criterios procedimentales.

Para elaborar modelos experimentales, se consideran tres líneas de trabajo.

### 2.2.1. Criterios prácticos y teóricos

#### I. Experiencias vividas.

#### II. Teorías científicas de respaldo.

- a. Método científico.
- b. Pasos de la experimentación.
- c. Flujograma.

#### III. Simbiosis entre las experiencias vividas y las teorías de respaldo.

#### Presentación de Modelos Experimentales según la perspectiva

- Analizar
- Evaluar
- Comparar
- Estudiar
- Diseñar

### 2.2.2. Criterio metodológico.

- Unidad de muestra.
- Población.
- Muestra.

#### I. Experiencias vividas.

Los años de asistir a la docencia en asignaturas de graduación, significó ser parte de las propuestas, que cubren la necesidad de generar temas de investigación; cada estudiante necesitaba un tema que lo pueda desarrollar y defender de manera formal, logrando así, su titulación.

Para realizar una investigación, debe haber un problema identificado, que se traduce por el trastorno que ocasiona alguna deficiencia, que se presenta en un elemento y que debe ser solucionado, aplicando el conocimiento adquirido por el investigador (Zayas, 2004). En este caso, cada estudiante debe convertirse en el investigador.

Cuando se tiene el problema de investigación, este rápidamente es sometido a un proceso de planificación, que se compone del diseño teórico y metodológico. El desarrollo del tema, será en función a las líneas que se enmarcaron en esa planificación.

Sin embargo; se observa que durante el desarrollo de la investigación, en algunas ocasiones, el investigador sigue un camino diferente al propuesto en la planificación del tema, aborda acciones innecesarias e irrelevantes, generando una pérdida de tiempo que concluye en frustración y desmotivación en el investigador.

Por ejemplo; en algunos trabajos de investigación, se

realizan de acuerdo a lo siguiente; en el título se propone un análisis, el desarrollo muestra una comparación y por último, brinda resultados de una evaluación; como se puede observar, en el mismo tema se combina de forma errónea tres verbos de acción diferentes.

De forma fácil, se comprende que un análisis, no es lo mismo que una comparación, menos una evaluación...estos tres verbos de acción, denotan procedimientos completamente diferentes. Es obvio que los estudiantes tenían un problema de conceptos...es decir no tenían claro el verdadero significado de la perspectiva en una investigación.

Buscando en las referencias bibliográficas correspondientes, se observa poco o nada referido a la temática, en la mayoría de los casos, solo existen los conceptos, pero no se describe el procedimiento correcto, que se debe seguir durante la investigación.

La situación era más compleja todavía, ya que enviar a un estudiante del área de la ingeniería a buscar teorías sobre el asunto, le generaba frustración al no comprender un lenguaje, al que no está acostumbrado.

Es de esa manera que el autor del presente trabajo, decide introducirse en un estudio profundo sobre las perspectivas. Recopilando información de trabajos concluidos y defendidos formalmente, identificando procedimientos comunes y clasificándolos de acuerdo a los conceptos correspondientes.

Surgen los modelos experimentales de acuerdo a la perspectiva, que se encuentran orientados al área de la ingeniería. Estos modelos, han sido puestos a prueba en muestras de alumnos específicos, donde los resultados denotaron necesidades de modificación y nueva aplicación, ciclo que se repitió durante los últimos cinco años, definiendo al final los modelos planteados en este artículo.

## II. Teorías científicas de respaldo.

Se recurren a tres teorías principales, que respaldan el proceso de estructurar los modelos experimentales según la perspectiva.

- a. Método Científico.
- b. Pasos de la experimentación.
- c. Flujograma.

**a. Método Científico.** Para recordar, el método científico se compone de los siguientes pasos.

### Pasos del Método Científico.



Asumiendo que en la observación se realizan trabajos, como; la idea, determinación del objeto de investigación, delimitación del campo de acción, selección de la perspectiva y la descripción problémica del fenómeno observado.

La hipótesis, constituye desde la formulación del problema y los objetivos de la investigación, hasta la afirmación propuesta, en busca de la respuesta anticipada al problema (Añorga Morales Julia, 2004). Esta proposición, se llama hipótesis de la investigación, que tiene que someterse a

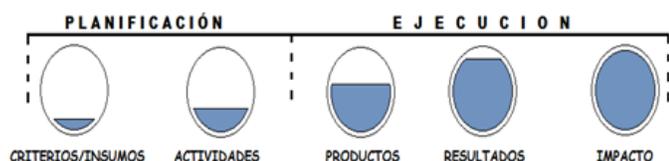
la prueba estadística correspondiente. Esta además decir, que una hipótesis, contiene directa o implícitamente, las variables que intervienen en la investigación.

La experimentación, referida al desarrollo de la investigación, en esta etapa se puede modificar las variables a conveniencia, el procedimiento a seguir lo impone la perspectiva, definida en la etapa de la observación.

Hay que conocer muy bien el procedimiento de cada perspectiva, de tal manera, no se pierda el camino correcto de la investigación.

La teoría, es una síntesis que nace inmediatamente después del análisis de los resultados, considerando que la prueba de hipótesis, proporciona una fuerte probabilidad de ser verdadera. La ley, si la teoría se ratifica con nuevas experimentaciones, entonces se convierte en ley, teniendo un nivel de certeza elevado, que puede ser aplicado con la confianza necesaria.

## b. Pasos de la experimentación.



La forma básica de planificar la experimentación en un proyecto cualquiera, consiste en definirla como una secuencia lógica de etapas. Se pueden visualizar de la siguiente manera.

### Planificación.

Una explicación sucinta de estas etapas.

- **Criterios/insumos.**

Un criterio se establece como una norma, regla, opinión, idea o juicio que se adopta para una determinada cosa.

Los recursos e insumos, son importantes, hay que saber

con qué recursos se cuenta antes de empezar una investigación.

Algunos recursos e insumos se pueden destacar; marco teórico adecuado; referencias, normativas, factor humano, factor económico, recursos organizacionales, equipos, lugares accesibles, riesgos, etc...

- **Actividades.**

Son las acciones que se ejecutan al hacer uso de los recursos e insumos, destacados anteriormente; estas actividades deben estar organizadas de forma estricta a un procedimiento lógico –perspectiva definida con anterioridad –, que será un modelo patrón para la investigación.

### Ejecución.

- **Productos.**

Se refiere al resultado directo que se extrae de cada actividad...pueden ser de diferentes tipos, niveles, además; tener una meta de servicio y contribución a resultados intencionados esperados para cada variable de la investigación.

- **Resultados.**

Se refiere a los diversos valores finales producto de las actividades de la investigación, estos pueden ser del tipo cualitativo y cuantitativo, denotan los cambios del comportamiento, los efectos, de las variantes observadas durante el proceso de investigación.

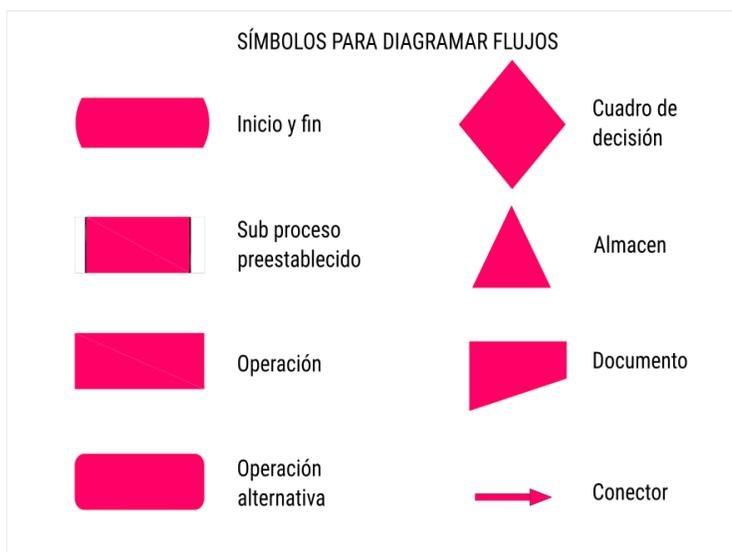
Los resultados tienen una íntima relación con la perspectiva, ya que ella impone la forma de presentarlos

- **Impacto.**

Es la potencial aplicación que se proyecta con los resultados, es obvio que un proyecto de investigación tiene visualizado quienes son los beneficiarios de la

investigación, como lo aplicarán y si su aplicación es de fácil interpretación; sin embargo, se tiene que establecer o medir en el futuro, ¿qué efectos tuvieron los resultados?. Es importante que esta parte sea visualizada por el investigador, de tal manera se encuentre seguro que su trabajo será útil en el futuro.

**c. Flujoograma.** El procedimiento lógico de cada perspectiva, se puede representar por medio de un flujoograma, que brinda los pasos secuenciales relacionándolos con las etapas de la experimentación. En tal sentido es menester indicar el significado de los elementos o símbolos del flujoograma. A continuación se establece algunos esquemas o flujoogramas, que detallan la secuencia de pasos a seguir, considerando cada perspectiva tiene sus propios pasos, sus productos y resultados:



### III. Modelos experimentales según la perspectiva.

Se recuerda que una perspectiva es un procedimiento lógico, que se encuentran representadas por verbos de tiempo indeterminado, como se muestra en la siguiente tabla.

ALGUNOS VERBOS QUE REPRESENTAN PERSPECTIVAS			
<b>Analizar</b>	Formular	Demostrar	Contrastar
<b>Evaluar</b>	Identificar	Organizar	Demostrar
<b>Comparar</b>	Inferir	Interpretar	Desarrollar
<b>Estudiar</b>	Calcular	Establecer	Conceptuar
<b>Diseñar</b>	Explicar	Especificar	Calificar

**NOTA:** la primera columna muestra las perspectivas usadas de ejemplo en el presente artículo.

Simbiosis entre los pasos de la experimentación y la perspectiva.

Cada perspectiva, representada por un verbo de acción, contiene pasos determinados para desarrollarse, si el investigador no los sigue correctamente, corre el riesgo de adentrarse a pasos o acciones diferentes, cuyos productos no sean relevantes para los que se busca en la investigación.

### ANALIZAR.

Se considera fragmentar el objeto de la investigación en conceptos específicos, se los caracteriza, se establece su funcionalidad individual y entre partes; de tal manera se pueda lograr los objetivos planteados.

- **Criterios e insumos.**

- El objeto de investigación debe estar bien definido.
- Estudiar el marco teórico que respalda el objeto de la investigación, su conceptualización, antecedentes referenciales y normativas
- Actividades.

Son actividades centrales.

- Fragmentar el objeto de investigación, en sub conceptos, sus dimensiones o actividades.
- Clasificar las actividades; teóricas, de laboratorio y de campo, estimando rendimientos reales por actividad.
- Recopilar la información general; ubicación, normativa y legal del objeto de investigación.
- Establecer la confiabilidad de los

equipos y medios, que se requieren en cada actividad.

- Realizar el relevamiento de la información técnica de los materiales utilizados, sus características y propiedades con la confianza necesaria.
- Determinar los diseños, modificaciones, cálculos, y las pruebas físicas de elementos consignados como testigos de la información.

**• Productos.**

Los productos centrales son;

- Lista de actividades clasificadas de acuerdo al tipo de trabajo específico.
- Un cronograma real, considerado para un tiempo determinado fijo.
- Un marco teórico referencial, delimitado por el objeto de la investigación en un mapa conceptual definitivo.
- La información característica técnica confiable y clasificada, tanto de laboratorio como de campo.
- Resultados confiables de la pruebas físicas de los elementos testigos de la investigación.
- Una propuesta de recomendación, sobre las modificaciones observadas en el análisis de la investigación.

**• Resultados.**

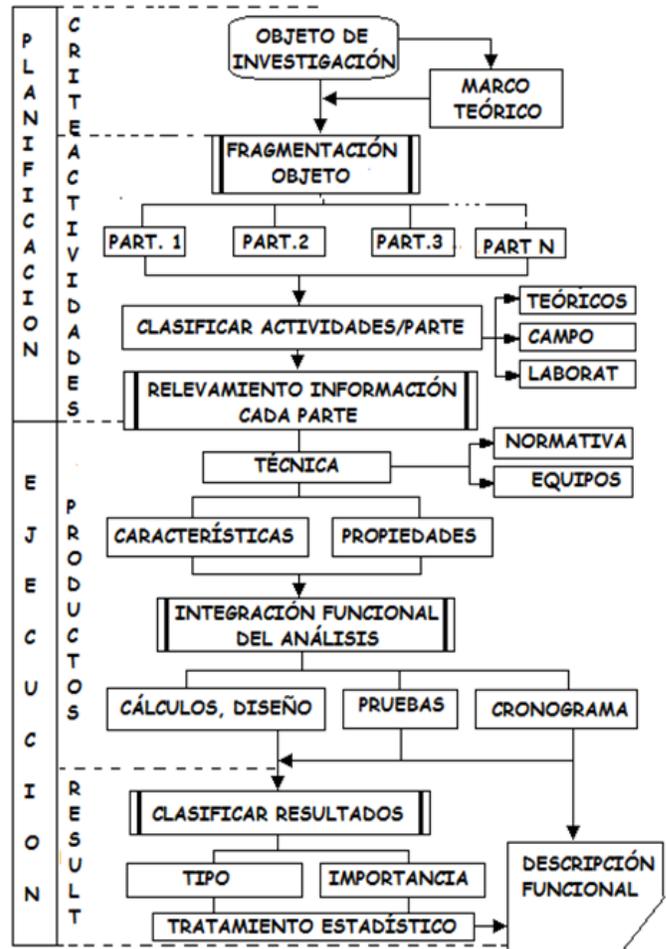
Para el manejo de los resultados, considerar.

- Clasificarlos por tipo e importancia (variables dependientes), declarados en la hipótesis.
- Realizar una estadística descriptiva e inferencial de todas las variables dependientes.
- Realizar la prueba de hipótesis solo a la variable dependiente principal.
- Escribir una especificación técnica, considerando las conclusiones observadas en el análisis.

**• Impacto.**

- Describir la aplicación práctica de los resultados y definir la relevancia social que tendrá la investigación.

Esquema del procedimiento Analizar.



**EVALUAR.**

Es la acción de calificar mediante un valor a algo o alguien; en el caso de la investigación siempre está referida a las variables propuestas dentro de la hipótesis.

**• Criterios e insumos.**

- Debe existir de forma física, el elemento para ser evaluado.

- El objeto de investigación se refiere a la condición que presenta el elemento a ser evaluado.
- Estudiar el marco teórico que respalda el objeto de la investigación, su conceptualización, antecedentes, normativas y escalas o patrones.
- **Actividades.**
  - Elaboración de criterios de evaluación de la situación actual del elemento de investigación.
  - Establecer las formas de medición, existan o no las fallas esperadas.
  - Identificar el tipo de fallas o deficiencias, determinando sus causales principales.
  - Aplicar escalas de evaluación, para determinar la condición física y funcional del elemento.
  - Determinar la situación ideal del elemento, proponiendo refacciones, cálculos, diseños y otros.
  - Dar soluciones que contemplen la prevención pertinente para cada falla encontrada.
  - Establecer las pruebas físicas requeridas según el caso.
  - Establecer Juicios de valor de las discrepancias y conformidades entre la situación actual e ideal del elemento de investigación.
- **Productos.**
  - La descripción de las características físicas y funcionales del elemento de investigación.
  - La evaluación de la condición real actual del elemento de investigación
  - La evaluación de la condición ideal del elemento de investigación.
  - Una comparación cuantitativa y cualitativa, entre las condiciones determinadas.
  - La base de datos de los resultados de las pruebas físicas.
  - La emisión de juicios de valor resultado de la

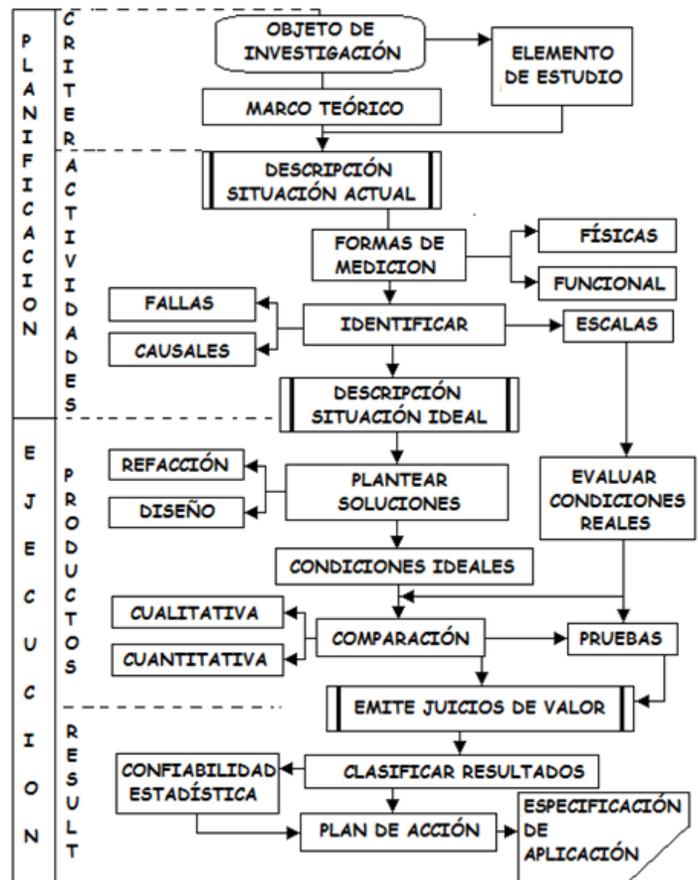
comparación.

• **Resultados.**

- En este caso, los resultados o variables dependientes, son; las condiciones actuales e ideales que debe tener el elemento de investigación.
- Establecer la confiabilidad y prueba de hipótesis de las variables dependientes.
- Plan de acción para las soluciones correspondientes.

• **Impacto.**

- Describir la aplicación práctica de los resultados y definir la relevancia social que tendrá la investigación.



**DISEÑAR.**

El diseño de un proyecto, es la expresión objetiva del tamaño de

un elemento, que busca solucionar un problema, mediante cálculos y técnicas, buscando la optimización bajo los parámetros de bajo costo y buena calidad.

• **Criterios e insumos.**

- identificar el elemento para mejorar o diseñar
- El objeto de investigación queda definida en establecer la optimización del diseño.
- Establecer el marco teórico y seleccionar las normas y reglamentos que proporcionan los parámetros de diseño.

• **Actividades.**

- Identificar los componentes más relevantes que contribuyen a una buena funcionalidad del elemento a diseñar.
- Realizar una caracterización en cada componente, de acuerdo a sus particularidades ya establecidas por norma o reglamentación.
- Establecer la verificación técnica de los datos de la caracterización, con los parámetros normados.
- Regularizar con modificaciones, lo que cumple con los parámetros de diseño.
- Establecer la confiabilidad que se requiera.
- Buscar la funcionalidad ideal en base a la optimización del diseño. Definir alternativas.
- Elaborar la propuesta de aplicación.

• **Productos.**

- Los estudios de caracterización por componente
- Una verificación técnica con parámetros de diseño.
- Pruebas testificales, con modificaciones de componentes.
- Memoria de cálculo y procedimientos del diseño.
- Los criterios de optimización en base a la calidad y costo del diseño.
- Propuesta de aplicación.

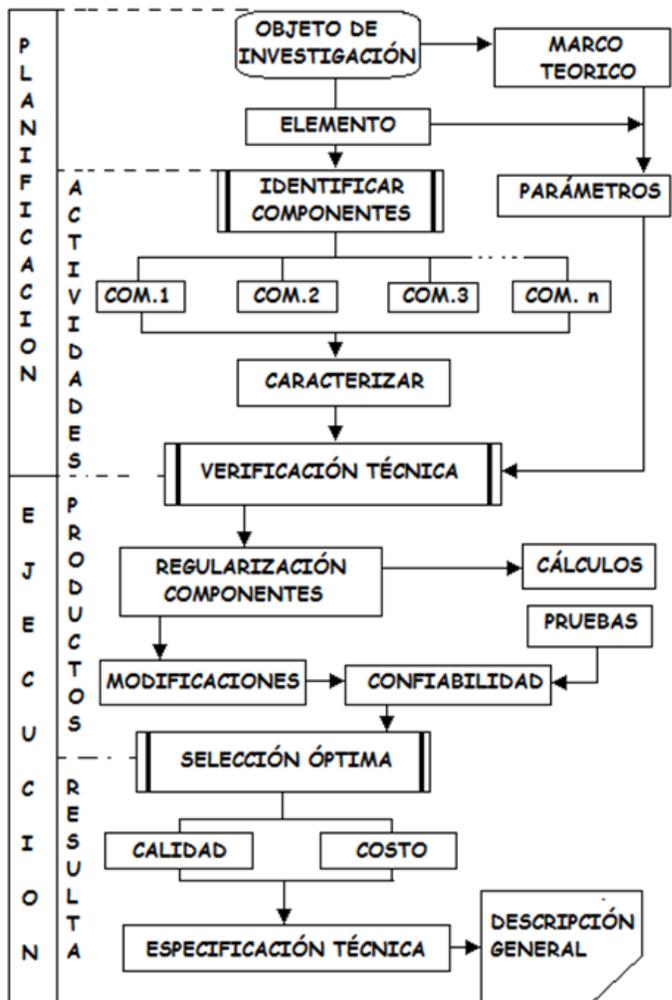
• **Resultados.**

- Los criterios de para una selección del diseño óptimo, bajo parámetros de calidad y costo.
- Establecer nuevas especificaciones técnicas de la selección definitiva.

• **Impacto.**

- Describir la aplicación práctica de los resultados y definir la relevancia social que tendrá la investigación.

Esquema del procedimiento DISEÑAR.



### 2.2.2. Criterio metodológico.

Como se mencionó en la introducción, el autor propone desarrollar esta investigación, con los trabajos de titulación del Departamento de Topografía y Vías de Comunicación. Considerando que los mismos son proyectos de investigación, por haber pasado las etapas de planificación y desarrollo, haber presentados resultados y defendidos de manera formal.

Es obvio que el presente trabajo, responde a una investigación del tipo exploratorio.

- **Unidad de muestra (José, 2010).**

Es el elemento que brinda la información requerida por la presente investigación, se refiere a cada proyecto de investigación desarrollado con un modelo experimental, cada proyecto fue ejecutado por un estudiante de último año de la carrera de Ingeniería Civil.

- **Población.**

La población compuesta por proyectos de investigación con modelos experimentales, son aquellos que surgieron desde el periodo II del 2016, hasta el periodo II del 2018.

Los proyectos que se aplicaron los modelos experimentales, resultan ser un número poblacional de 101 proyectos, estructurados con los modelos experimentales y N=82 defendidos formalmente.

- **Muestra**

En principio se dispuso que la muestra deba ser igual a la población, sin embargo, los resultados de la aplicación de los modelos empíricos, debe hacerse con proyectos, que se hayan defendido de manera formal.

En la revisión de la base de datos que maneja el Departamento de Topografía y Vías, se pudo constatar que muchos proyectos, no ingresaron a la defensa formal, esto por diversas causales externas al desenvolvimiento requerido por estas asignaturas. Se puede establecer la siguiente planilla.

#### Con el mismo docente PROYECTO I y II

Semestre/Año	Proyecto	
	propuesto	Defendido
S2/16	15	15
S2/17	15	12
S2/18	20	16
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>43</b>

#### Con el diferente docente PROYECTO I y II

Semestre/Año	Proyecto	
	propuesto	Defendido
s1/16	14	12
s1/17	21	15
s1/18	16	12
<b>TOTAL</b>	<b>51</b>	<b>39</b>

Se puede observar en las planillas anteriores, una distinción sobre las asignaturas que tuvieron el mismo docente en el Proyecto I y Proyecto II, así como también las que tuvieron diferente docente entre el proyecto I y Proyecto II.

Es importante esta distinción, debido a que el autor del presente trabajo, es docente de Proyecto I en ambos periodos, pero dicta Proyecto II, solamente en el periodo I de cada gestión. De tal manera, el seguimiento de proyectos es interrumpido para varios estudiantes, que son obligados a llevar su asignatura con otros docentes.

De los cuadros, se observa que la muestra debe ser del tamaño de la población de proyectos estructurados y defendidos de manera formal; en tal sentido,  $n = N = 82$ .

## 2.3. Forma de aplicación.

De manera simple, los modelos experimentales según la perspectiva, tendrían que ser verificados en su diseño, caso contrario ir modificandose en pos de una mejora para una futura aplicación. Cada estudiante asignado al grupo del docente (autor), era sujeto de ingresar una perspectiva a su trabajo; de tal manera, se pueda hacer el seguimiento durante dos periodos continuos, es decir con el mismo docente.

Se hizo el seguimiento de forma indirecta, a los estudiantes que tuvieron otro docente en la asignatura de proyecto II, a fin de que se pudiera comparar los resultados en la aplicación de su perspectiva.

Se plantea la implementación del modelo experimental en la asignatura de Proyecto I, todos los componentes del diseño teórico y metodológico, deben contener la misma perspectiva; no se puede tener diferentes perspectivas en un tema de investigación.

El estudiante tiene que orientarse con el gráfico correspondiente a la perspectiva, el mismo brinda la jerarquía de las actividades desarrolladas, debe comenzar a describir a detalle en los componentes de cada perspectiva, es decir; Criterios e insumos, actividades, Productos, resultados e impacto de su trabajo.

Una vez que se tenga la descripción a detalle de los componentes de cada perspectiva, no queda otra cosa que desarrollarla durante la asignatura del proyecto II, sin el riesgo de salirse a otras actividades, que nada tienen que ver con las perspectivas declaradas.

Cada modelo experimental, desarrolla una forma correcta de presentar los resultados obtenidos, inclusive todas hablan de la confiabilidad, entendiendo que se refiere al tratamiento estadístico además de su prueba

de hipótesis.

Culmina cada modelo, con la elaboración de un documento, que considera las formas de aplicación, mediante especificaciones técnicas, describe el impacto del trabajo, etc.

El seguimiento se hace en la asignatura del proyecto II, el estudiante debe seguir al pie de la letra lo desarrollado en los componentes de su perspectiva, cuando cursó el proyecto I...obviamente, pueden surgir algunas variantes, pero estas no se saldrán del camino forjado por el modelo experimental según su perspectiva.

## 3. RESULTADOS.

El seguimiento de cada trabajo, duró dos años, cuatro periodos de seis meses, durante este tiempo se pudo evidenciar una evolución de la aplicación de la perspectiva, obteniendo resultados por demás interesantes.

### 3.1. Planillas de resultados.

CUADRO QUE MUESTRA LA EVOLUCIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA PERSPECTIVA POR

#### GESTIÓN MISMO DOCENTE PARA PROYECTO I Y II

Uso de perspectiva	s2/16		s2/17		s2/18	
	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%
Al 100%	5	33	7	58	11	69
Al 80%	3	20	3	25	5	31
< 50%	7	47	2	17	0	0
<b>Defendidos</b>	<b>15</b>		<b>12</b>		<b>16</b>	

CUADRO QUE MUESTRA LA EVOLUCIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA PERSPECTIVA POR

#### GESTIÓN DIFERENTE DOCENTE PARA PROYECTO I Y II

Uso de perspectiva	s2/16		s2/17		s2/18	
	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%
Al 100%	1	8	3	20	4	33
Al 80%	2	17	5	33	6	50
< 50%	9	75	7	47	2	17
<b>Defendidos</b>	<b>12</b>		<b>15</b>		<b>12</b>	

### 3.2. Análisis de resultados.

Considerando el primer cuadro, se observa una evolución positiva en la aplicación de los modelos experimentales, cuando el docente es la misma persona para las asignaturas de proyecto I y II.

El uso de la perspectiva al 100%, con los modelos experimentales, refleja el 33%, 58% y 69%, significando una preferencia creciente por usar esta metodología.

Se dispuso el uso de la perspectiva al 80%, considerando que existen variantes que obligaron al estudiante a salir del camino; sin embargo, sus resultados no dejan de ser interesantes. Los porcentajes también muestran un leve incremento; 20%, 25% y 31%.

En la situación extrema, es decir el uso de la perspectiva abajo del 50%, con los modelos experimentales, reflejan los siguiente; 47%,17% y 0%, cuya explicación racional define, que cada vez existen menos estudiantes, que no usen una perspectiva con los modelos experimentales.

Sin embargo, hay que hacer también un análisis sobre los estudiantes, que planificaron con los modelos experimentales, pero que no tuvieron la exigencia de un seguimiento en el proyecto II, debido a que su docente era otro.

La tendencia es la misma, es decir, al 100% de la perspectiva refleja; 8%,20% y 33%...existe un incremento, pero muy por debajo del primer cuadro.

Al 80% del uso de la perspectiva, 17%, 33% y 50%, que también muestra un incremento racional, sin embargo sus valores a excepción del primero, están por encima del primer caso.

Menores al 50% del uso de la perspectiva, 75%, 47% y 17%, denota un decremento racional, pero sus porcentajes

todavía son elevados, es decir, el seguimiento por parte de los docentes a estos trabajos, no son considerando la perspectiva de cada estudiante. Los estudiantes, tampoco se enfocan en cumplir al pie de la letra, lo que desarrollaron en la asignatura de proyecto I.

### 4. DISCUSIÓN.

El diseño de modelos experimentales según la perspectiva, fue modificándose en el transcurso de los semestres de donde se extrajo la muestra.

La muestra igual a la población, tomada solo de los proyectos que cumplieron el ciclo durante las dos asignaturas y que se defendieron de manera formal.

La forma de aplicar, fue relativamente fácil, el estudiante pudo interpretar a la perfección el significado de seguir el modelo experimental.

Las dificultades surgen, cuando el docente de la asignatura de proyecto II es otra persona, este exige aspectos que no corresponden a la perspectiva y los estudiantes proceden a realizar dichas exigencias.

Al salirse del camino propuesto por el modelo experimental, el estudiante pierde el tiempo en actividades fuera de su alcance perjudicándose incluso en el semestre.

Hay que considerar que otros docentes, pueden tener experiencia específica, pero en el área de la metodología de la investigación, no la tienen y muchas de las veces, en vez de orientar, terminan confundiendo más al estudiante.

Existen otros factores que afectan a que el estudiante, deje al modelo experimental de lado, la costumbre de manipular solamente problemas numéricos, hacen tediosa la teoría para ellos, la ansiedad y el poco control en sus decisiones, llevan al caos a su procedimiento. El hecho de que algunos estudiantes, estén cursando

asignaturas paralelas, por medio de programaciones especiales, comienzan a restar importancia al desarrollo de su trabajo y por ende no aplican ninguna teoría de los modelos experimentales.

Como era de esperar, la estructuración de los modelos empíricos según la perspectiva de investigación, tuvo resultados interesantes, ya que en el último año, de la categoría de uso de la perspectiva de 100 a 80%, subió a porcentajes interesantes.

La tendencia del uso de la perspectiva, menores al 50%, disminuye considerablemente.

Todo esto indica de forma clara, que el estudiante está respondiendo favorablemente al uso de los modelos empíricos, según la perspectiva de investigación.

## Bibliografía

- ☛ Añorga Morales Julia, R. M. (2004). Tutor de Tesis en la licenciatura, Maestría y doctorado para la Universidad Boliviana. Cochabamba: KIPUS.
- ☛ Ivonne, R. M. (2013). Apuntes de Metodología de la Investigación. Sucre: PRISMA.
- ☛ José, L. T. (2010). Técnicas de muestreo. Tarija: CURSIVA S.R.L.
- ☛ Rossana, B. (2007). Proyectos de investigación. La Paz: PIEB.
- ☛ Sampieri, H. (2014). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. MEXICO D.F.: MCGRAW-HILL.
- ☛ Zayas, R. d. (2004). Solución de Problemas Profesionales. Cochabamba: KIPUS.

# ART. 4

## **COMPRESIBILIDAD DE LAS ARCILLAS DE VALLE CENTRAL DE TARIJA: PARÁMETROS PRINCIPALES, CORRELACIONES Y MODELOS MATEMÁTICOS**



# COMPRESIBILIDAD DE LAS ARCILLAS DEL VALLE CENTRAL DE TARIJA: PARÁMETROS PRINCIPALES, CORRELACIONES Y MODELOS MATEMÁTICOS

COMPRESSIBILITY OF VALLEY CLAYS TARIJA CENTRAL: MAIN PARAMETERS, CORRELATIONS AND MATHEMATICAL MODELS

Alberto Benítez Reynoso

albere3716@gmail.com

Laura Karina Soto Salgado

laraksosal@gmail.com

Ingeniero Civil, M.Sc., Ph.D., Dr. Sc. y Post Doctorado en Ingeniería. Docente e Investigador del Departamento de Estructuras y Ciencias de los Materiales.

Ingeniera Civil, M.Sc., Docente e Investigadora del Departamento de Vías de Comunicación.

## RESUMEN

En este artículo se establecen correlaciones y se formulan modelos matemáticos, expresados en términos de ecuaciones, para la determinación indirecta o estimación del índice de compresión y del coeficiente de consolidación, para las arcillas del Valle Central de Tarija, tomando en cuenta que el ensayo edométrico de laboratorio toma mucho tiempo y es más costoso.

Los modelos formulados son aplicables para los rangos de variación (acotados por los valores máximos y mínimos) de las variables consideradas en el estudio.

Los resultados principales se reflejan en las correlaciones muy fuertes, entre el índice de compresión y los límites de Atterberg, así como entre el coeficiente de consolidación y los mismos límites, especialmente el límite líquido. Estos resultados (modelos matemáticos) se expresan en términos de ecuaciones fácilmente utilizables.

## Palabras clave:

Compresibilidad, correlación, modelos matemáticos, límites de Atterberg.

## ABSTRACT

In this article correlations are established and mathematical models are formulated, expressed in terms of equations, for the indirect determination or estimation of the compression index and the consolidation coefficient, for the clays of the Central Valley of Tarija, taking into account that the oedometric laboratory testing is time consuming and expensive.

The models formulated are applicable for the ranges of variation (bounded by the maximum and minimum values) of the variables considered in the study.

The main results are reflected in the very strong correlations, between the compression index and the Atterberg limits, as well as between the consolidation coefficient and the limits themselves, especially the liquid limit. These results (mathematical models) are expressed in terms of easily usable equations.

## Key words

Compressibility, correlation, mathematical models, Atterberg limits.

## INTRODUCCIÓN

Un fenómeno muy importante en la Mecánica de Suelos, Ingeniería Geotécnica e Ingeniería Estructural es la consolidación de los suelos. Este fenómeno, habitualmente, se expresa en términos de algunas variables y/o propiedades, tales como asentamientos de las estructuras (deformación), relación de vacíos, esfuerzo efectivo y otras.

El incremento de esfuerzo ocasionado por la construcción de una estructura comprime las capas de suelo. Esta compresión es causada por: (a) la deformación de partículas del suelo, (b) el reacomodo de las partículas del suelo y (c) la expulsión de aire o agua de los vacíos. En general, el asentamiento del suelo causado por la carga puede dividirse en las siguientes categorías (Das y Sobhan 2018):

- (1) Asentamiento elástico, causado por la deformación elástica del suelo seco y de los suelos húmedos y saturados sin ningún cambio en el contenido de humedad.

Los cálculos de los asentamientos elásticos se basan generalmente en ecuaciones derivadas de la teoría de la elasticidad.

- (2) Asentamiento de consolidación, resultado del cambio de volumen en un suelo cohesivo saturado debido a la expulsión de agua intersticial. El asentamiento de consolidación es dependiente del tiempo.

Estos aspectos conceptuales y la teoría completa de la consolidación pueden hallarse en excelentes libros y publicaciones de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica (Das y Sobhan 2018; Terzaghi, K. y R. Peck, 1967), teoría que no se expone en este artículo, ya que sus objetivos y alcance son otros. Sin embargo, es absolutamente

pertinente destacar que algunas variables inherentes al fenómeno de la consolidación tienen importancia en el cálculo de estructuras tales como las cimentaciones. El ensayo de consolidación (en laboratorio), mediante el edómetro o consolidómetro, permite simular la realidad y determinar variables de uso en la práctica de la Ingeniería Geotécnica y Estructural.

Dos de estas variables, que representan al fenómeno, son el índice de compresión,  $C_c$ , y el coeficiente de consolidación,  $C_v$ . El ensayo mencionado tiene una duración de bastantes horas, incluso días, por ello, frecuentemente es necesario estimar estas variables usando otros procedimientos, por ejemplo, mediante modelos matemáticos de regresión, basados en información experimental (de laboratorio), que es la parte central del presente artículo. Consecuentemente, los objetivos de la presente investigación son:

- a) Formular correlaciones y modelos matemáticos, expresados en términos de ecuaciones, que permitan estimar las dos variables mencionadas, en función de otras propiedades, cuya determinación experimental es más simple y toma mucho menos tiempo, para las arcillas del Valle Central de Tarija.
- b) Sobre la base de los resultados obtenidos, precisar el grado de compresibilidad de las arcillas del Valle Central de Tarija y establecer la validez de los modelos obtenidos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En términos científicos generales, se ha usado el método empírico (experimental), como también el método racional o teórico, típicos en este tipo de investigaciones. Con relación a la fase experimental, es pertinente destacar los siguientes aspectos:

➤ En el Proyecto Múltiple San Jacinto, (Provincia Cercado del Departamento de Tarija, Bolivia), en el cual ha trabajado uno de los autores, se han realizado 33 ensayos de consolidación, usando el edómetro o consolidómetro.

➤ Estos ensayos han permitido determinar (experimentalmente) el índice de compresión,  $C_c$ , y el coeficiente de consolidación,  $C_v$ .

➤ Además, para las 33 muestras, referidas en el párrafo precedente, se ha determinado (en laboratorio) algunas propiedades geotécnicas, entre éstas, los límites de Atterberg.

**Sobre la fase racional o teórica, se destacan los siguientes elementos como fundamentales:**

➤ Los ensayos de laboratorio mencionados, han permitido construir una serie estadística, que luego de analizada, permitió establecer tres tendencias y, por lo tanto, tres series de trabajo, cuyos indicadores principales se resumen en los cuadros 1, 2 y 3.

➤ Para formular las correlaciones y los modelos matemáticos de regresión, se ha usado el método de los mínimos cuadrados, estableciendo que, el primer indicador, sobre la idoneidad de los modelos, es el coeficiente de correlación, el cual debe ser próximo a la unidad (Ang and Tang, 2007; Mendenhall, W. y Sincich T., 1997; Benjamin and Cornell, 1970 Magnan, J.P., 1982; Benítez, 2019, 2017, 2015, 2012, 2010, 2004 y 1997).

➤ También, se han realizado pruebas adicionales como la prueba de valores medidos contra valores predichos (por los modelos), la prueba de residuales y la prueba de normalidad de los mismos, como factores que permiten ratificar (o no) la idoneidad referida (Ang and Tang, 2007; Mendenhall, W. y Sincich T., 1997; Benjamin and Cornell,

1970 Magnan, J.P., 1982; Benítez, 2019, 2017, 2015, 2012, 2010, 2004 y 1997).

**CUADRO 1**  
INDICADORES ESTADÍSTICOS  $C_c$ , LL y LP  
PROYECTO SAN JACINTO 1 (SJ1)

INDICADOR	$C_c$	LL	IP
<b>n</b>	11	11	11
<b><math>\bar{M}</math></b>	0.20	32.01	14.19
<b>S</b>	0.044	5.83	3.49
<b>CV</b>	0.23	0.18	0.25
<b>Min</b>	0.143	26.20	10.20
<b>Max</b>	0.276	44.00	20.10

**CUADRO 2**  
INDICADORES ESTADÍSTICOS  $C_c$ , LL y LP  
PROYECTO SAN JACINTO 2 (SJ2)

INDICADOR	$C_c$	LL	IP
<b>n</b>	11	11	11
<b><math>\bar{M}</math></b>	0.104	31.44	12.80
<b>S</b>	0.070	8.90	4.21
<b>CV</b>	0.67	0.28	0.33
<b>Min</b>	0.023	23.30	5.40
<b>Max</b>	0.243	48.4	20.8

**CUADRO 3**  
INDICADORES ESTADÍSTICOS  $C_c$ , LL y LP  
PROYECTO SAN JACINTO 3 (SJ3)

INDICADOR	$C_c$	LL	IP
<b>n</b>	11	11	11
<b><math>\bar{M}</math></b>	0.064	38.55	17.07
<b>S</b>	0.023	9.08	6.81
<b>CV</b>	0.36	0.24	0.40
<b>Min</b>	0.023	23.30	10.90
<b>Max</b>	0.104	54.00	31.30

Sobre esa base, las tres series fueron sometidas a un análisis de regresión, mediante el cual se han obtenido los modelos matemáticos representados por las ecuaciones (1), (2) y (3), con sus respectivos coeficientes de correlación R.

**SJ1:**  $C_c = 0.0072(LL - 4.64)$  (1)

$R = 0.942$

**SJ2:**  $C_c = 0.0077(LL - 17.97)$  (2)

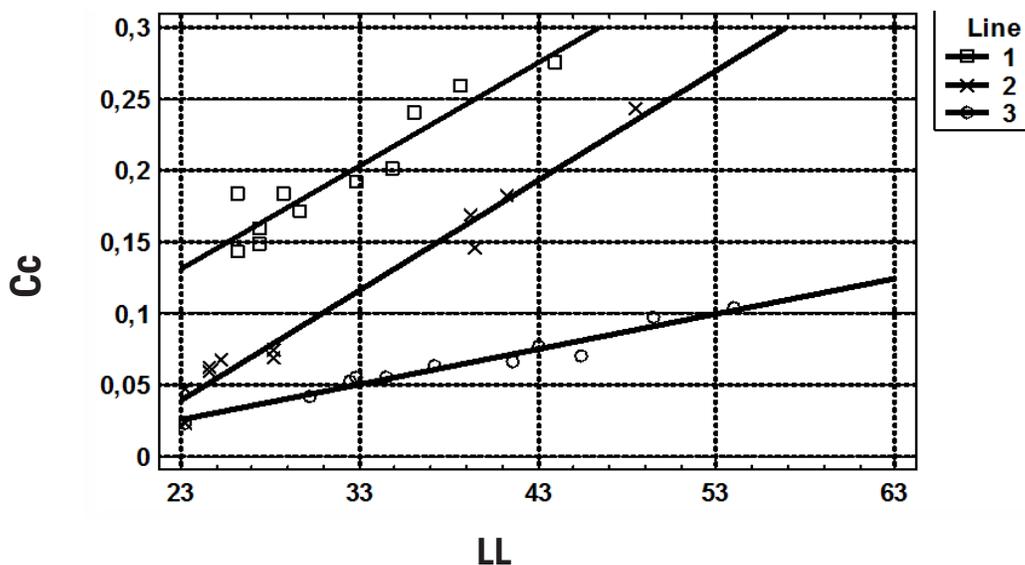
$R = 0.987$

**SJ3:**  $C_c = 0.0025(LL - 12.4)$  (3)

$R = 0.975$

Se han representado gráficamente los pares de puntos (LL, Cc), para las tres series, así como sus modelos matemáticos, expresados como una recta (**figura 1**).

Figura 1  
 Índice de compresión contra Límite Líquido (San Jacinto)



Según los valores que adopta el índice de compresión, las arcillas pueden clasificarse como de compresibilidad muy baja, baja, media, alta y muy alta, tal como sugieren Carter y Bentley (2016). Consecuentemente, las ecuaciones (1), (2) y (3) son válidas para arcillas de compresibilidad alta, media y baja, respectivamente, todas del Valle Central de Tarija, que se ubica en la Provincia Fisiográfica de Bolivia denominada Subandino.

Las pruebas adicionales (valores medidos contra valores estimados con el modelo, prueba de residuales y prueba de normalidad de los mismos), se han realizado, como ejemplo, solo para la serie 2 (SJ2). Así, la **figura 2**, representa la prueba de valores medidos (experimentalmente) contra los valores estimados (con el modelo), en tanto que, **la figura 3** representa la prueba de residuales, ambas satisfactorias.

Con relación a la prueba de normalidad de los residuales, la misma ha sido satisfactoria usando dos criterios, la prueba Chi-Cuadrada y la prueba de Smirnov-Kolmogorov.. En ambos casos, se concluye que “no se puede rechazar la hipótesis de que la serie de residuales proviene de una distribución normal, con un 95% de confianza”.

Figura 2  
Prueba de Valores Medidos Contra Valores Estimados

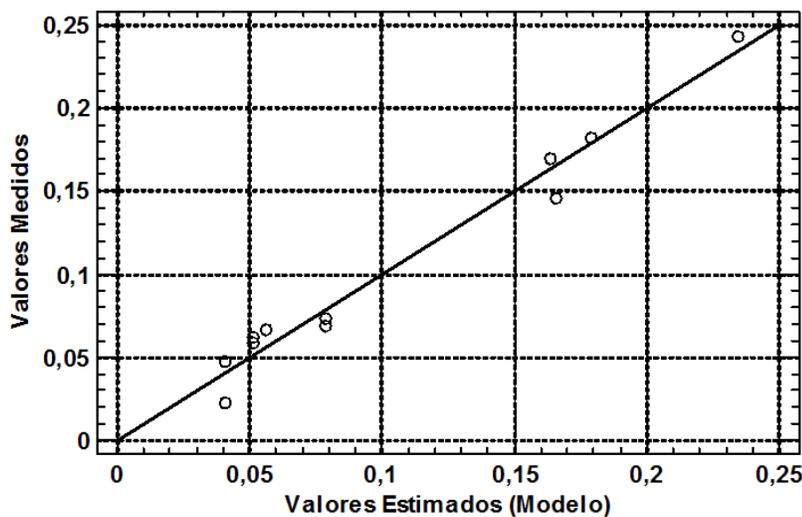
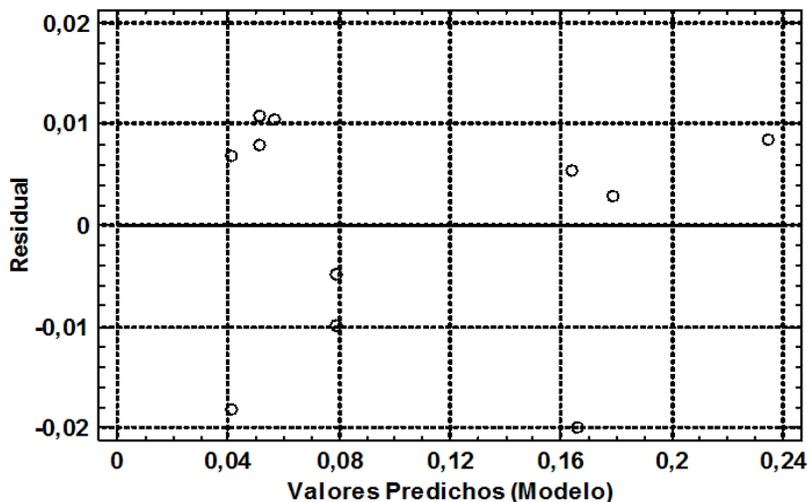


Figura 3  
Prueba de residuales



Para el mismo Proyecto San Jacinto, se ha determinado en (laboratorio) el coeficiente de consolidación, **Cv** y otras propiedades de los suelos, constituyéndose una serie de estadística cuyos indicadores se muestran en el **cuadro 5**.

CUADRO 5  
 INDICADORES ESTADÍSTICOS DE C<sub>v</sub> y LL VALLE CENTRAL DE TARIJA

INDICADOR	C <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> /s)	LL (%)
<b>n</b>	13	13
<b>M̄</b>	0.00042	38.65
<b>S</b>	0.00060	9.72
<b>CV</b>	1.43	0.25
<b>Min</b>	0.000051	23.3
<b>Max</b>	0.00214	53.8

Siguiendo la misma metodología, con las mismas pruebas, los pares de valores de esta serie (LL, Cv), han permitido establecer la correlación y determinar el modelo de regresión siguiente:

$$C_v = \frac{39799,1}{(LL)^{5.319}} \quad (4)$$

$$R = 0.997$$

Otros modelos interesantes, con coeficientes de correlación bastante altos, son los representado por las ecuaciones (5) y (6).

$$C_v = \frac{1}{(-8816.16+360.47*LL)} \quad (5)$$

$$(0.000094 \leq C_v \leq 0.001145); \quad (26 \leq LL \leq 53.8)$$

$$R = 0.998$$

$$C_v = \frac{13994.6}{(LL)^{5.01}} \quad (6)$$

$$(0.000094 \leq C_v \leq 0.001145); \quad (26 \leq LL \leq 53.8)$$

$$R = 0,995$$

A la luz de los resultados obtenidos, tanto en la fase experimental, como en la etapa teórica o racional, se formulan las siguientes conclusiones:

- Un primer aspecto a destacar se refiere al grado de compresibilidad de las arcillas del Valle Central de Tarija. Esta compresibilidad varía de ALTA a BAJA, pasando por la compresibilidad MEDIA, dependiendo de zona de ubicación de las arcillas.
- La correlación es mucho más fuerte entre el índice de compresión y el límite líquido, lo cual es compatible por lo demostrado por otros investigadores.
- Es cierto que, también hay una muy buena correlación con el límite plástico e incluso con el índice de plasticidad, pero, los coeficientes de correlación son menores que el caso referido en el párrafo precedente.
- La utilidad de los modelos es muy evidente, pues, a falta de medios, tiempo o equipos para realizar el ensayo de consolidación en laboratorio, se puede usar los modelos formulados para estimar indirectamente el índice de compresión y el coeficiente de consolidación, en función del límite líquido que es de más fácil y rápida determinación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación San Jacinto - Sofrelec y Consa, S.R.L. (1978). Estudio de pre factibilidad del proyecto múltiple San Jacinto – Planillas de Laboratorio. Tarija, Bolivia
- Ang and Tang (2007). Probability Concepts in Engineering – Emphasis on Applications to Civil and Environmental Engineering. John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Benítez, A (2019). Modelos Matemáticos Generales para la Predicción del CBR (California Bearing Ratio) en los Suelos Bolivianos. Revista Universitaria de Divulgación Científica “VENTANA CIENTÍFICA”, Vol. 9 N° 15, pp. 9-24, junio, 2019, Tarija.
- Benítez, A. (2018). Principios Dialécticos de la Ingeniería Estructural e Implicaciones en la Seguridad, “Congreso Panamericano en Seguridad, Construcciones Seguras y Manejo de Desastres”, Cartagena de Indias, 10 y 11, en el marco de la XXXVI Convención de la UPADI (Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros).
- Benítez, A. (2017). Propiedades mecánicas de las arcillas bolivianas: modelos matemáticos, correlaciones e implicaciones en la Ingeniería Estructural. PRIMER CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL, 26-28 de octubre, Tarija (Bolivia).
- Benítez, A. (2017). Métodos de Investigación en Ingeniería Estructural. PRIMER CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL, 26-28 de octubre, Tarija (Bolivia).
- Benítez, A. (2015). Estimación de algunas propiedades geotécnicas de los suelos mediante análisis multivariado (regresión múltiple) y su utilidad en la Ingeniería Civil: Suelos Finos del Oriente Boliviano. Revista INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN (órgano oficial de la Sociedad de Ingenieros de Bolivia), N° 5, pp. 36-43. Depósito Legal: 4-3-10-14.
- Benítez, A. (2014). Dialéctica de la Ingeniería Estructural. Convenio Andrés Bello, Universidad Nacional Siglo XX e Instituto Internacional de Integración. Depósito Legal: 4-1-1568-14, ISBN: 978-99954-98-15-3, La Paz (Tesis Doctoral y Libro).
- Benítez, A. (2012). Propiedades mecánicas de los suelos, correlaciones, modelos matemáticos e implicaciones en la ingeniería vial. XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, 22-26 de octubre, Córdoba.
- Benítez, A. (2010). Modelos multivariados en la estimación de algunas propiedades mecánicas de los suelos y sus implicaciones en la ingeniería vial. XX Congreso Argentino de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica (6 al 9 de octubre) publicación en CD e impresa (libro del Congreso) ISBN: 978-950-42-0129-8, Mendoza (Argentina).
- Benítez, A. (2004). Generalización de las relaciones entre los procesos del ciclo hidrológico para la cuenca internacional del río de La Plata: “Enfoque Sistémico y Aná-

lisis Multivariado". Tesis de doctorado, Universidad de Sevilla, España.

☛ Benítez, A. (1997). Modelos matemáticos para la estimación de propiedades mecánicas de los suelos y su aplicación al diseño de firmes. Los suelos del valle Central de Tarija. Revista Rutas, No. 59 – II época, marzo-abril, pp. 73-78, Madrid, España.

☛ Benjamin and Cornell (1970). Probability, Statistics and Decision for Civil Engineers. McGraw Hill, USA.

☛ Bunge, M. (2011). La investigación científica. Siglo Veintiuno Editores, México.

☛ Carter, M. y Bentley, S.P. (2016). Soil properties and their Correlations. John Wiley & Sons, Inc., UK.

☛ Das and Sobhan (2018). Principles of Geotechnical Engineering. Cengage Learning, Boston, MA.

☛ Germaine, J. and A. Germaine (2009). Geotechnical Laboratory Measurements for Engineers. John Wiley & Sons, Inc., USA.

☛ Magnan, J.P., 1982. Les méthodes statistiques et probabilistas en mécanique des sols. Presses de l'école nationale des Ponts et Chaussées, París.

☛ Mendenhall, W. y Sincich, T., 1997. Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. Prentice Hall. México.

☛ Taylor, R. (1990). Interpretation of the correlation coefficient: A basic review. JDMS 1:35-39, Logan, WV.

☛ Terzaghi, K. y R. Peck (1967). Soil mechanics in engineering practice. John Wiley, Lodon.

☛ Verbrugge and Schroeder (2018). Geotechnical Correlations for Soils and Rocks. John Wiley & Sons, Inc., Lodon



# ART. 5

## **CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y BIOLÓGICA CONTINUA DURANTE 24 HORAS DE LAS AGUAS RESIDUALES QUE INGRESAN A LA PTAR DE SAN LUIS**



# CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y BIOLÓGICA CONTINUA DURANTE 24 HORAS DE LAS AGUAS RESIDUALES QUE INGRESAN A LA PTAR DE SAN LUIS

CONTINUOUS 24-HOUR PHYSICAL-CHEMICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE WASTE WATER ENTERING THE APTAR OF SAN LUIS

**Mario Carmelo Gamarra Gamarra Mendoza (a)**  
**Moisés Perales Avilés (b)**  
**Pablo Antonio Cruz López (c)**

mcmgamarramendoza@gmail.com

moisesperalesaviles@gmail.com

tony.007.t7@gmail.com

a) Docente Investigador del Laboratorio de Hidrosanitaria y Reuso del Agua del Centro de Investigación del Agua (CIAGUA) de la Facultad de Ciencia y Tecnología (FCyT) de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS). Campus EL TEJAR. Casilla 51. Fax 6643403, Telf.: 6643115, Tarija, Bolivia. e-mail: mcmgamarramendoza@hotmail.com, mcmgamarramendoza@gmail.com,

b) Director y Docente Investigador del Centro de Investigación del Agua (CIAGUA) de la Facultad de Ciencia y Tecnología (FCyT) de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS). Campus EL TEJAR. Casilla 51. Fax 6643403, Telf.: 6643115, Tarija, Bolivia. e-mail: moises\_perales@hotmail.com, moisesperalesaviles@gmail.com,

c) Estudiante Investigador/Tesista del Laboratorio de Hidrosanitaria y Reuso del Agua del Centro de Investigación del Agua (CIAGUA) de la Facultad de Ciencia y Tecnología (FCyT) de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS). Campus EL TEJAR. Casilla 51. Fax 6643403, Telf.: 6643115, Tarija, Bolivia. e-mail: tony.007.t7@gmail.com.

## RESUMEN

La ciudad de Tarija actualmente presenta problemas con su sistema de tratamiento de aguas residuales, es por eso que se está en ejecución el proyecto de la nueva planta de tratamiento de San Blas, para la cual es muy importante tener conocimiento de las características de las aguas residuales generadas por la ciudad.

Por este motivo se generó un plan de monitoreo de las aguas residuales dividiéndolas en 2 campañas:

- 1ra Campaña (Martes, Jueves, Sábado)
- 2do Campaña (Miércoles, Viernes, Domingo)

Cada campaña consistía en la recolección de 24 muestras simples a lo largo del día para poder determinar su comportamiento a nivel horario, y así mismo sus características físicas y químicas de las aguas residuales de la ciudad de Tarija. Los resultados permitieron determinar conclusiones en relación a que las aguas residuales que tienen características domésticas más que industriales, además de la alta producción de sedimentos que influye decididamente en el tratamiento de las Lagunas de San Luis, aspectos que es necesario continuar investigando en diferentes

épocas del año.

Esta iniciativa, responde a los requerimientos de la experiencia pionera del Centro de Investigación del Agua (CIAGUA) –UAJMS, para la implementación del Programa CIMAS, desarrollado en coordinación con el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) y el SENASBA, que en un contexto de investigación es importante destacar la necesidad de replicabilidad, para motivar el desarrollo de una relación simbiótica entre Universidades y EPSAS, que permita analizar y proponer soluciones a los problemas que se observan en relación al Agua Potable y Saneamiento.

## ABSTRAC

The city of Tarija currently has problems with its wastewater treatment system, it is, of course, the project of the new San Blas treatment plant, for which it is very important to have knowledge of the characteristics of the Wastewater generated by the city.

For this reason, a wastewater monitoring plan was generated by dividing them into 2 campaigns:

- 1st Campaign (Tuesday, Thursday, Saturday)
- 2nd Campaign (Wednesday, Friday, Sunday)

Each campaign consisted of the collection of 24 simple samples throughout the day in order to determine their behavior at the hourly level, as well as their physical and chemical characteristics of the wastewater of the city of Tarija.

The results allowed us to determine the relationships in which the waters became the companies more than the industries, the production of sediments that decisively

influence the treatment of the Lagoons of San Luis, aspects that are necessary to continue investigating at different times of the year.

This initiative responds to the requirements of the pioneer experience of the Water Research Center (CIAGUA) –UAJMS, for the implementation of the CIMAS Program, developed in coordination with the Ministry of Environment and Water (MMAyA) and SENASBA, which in A research context is important to highlight the need for replicability, to motivate the development of a symbiotic relationship between Universities and EPSAS, which allows analyzing and proposing solutions to the problems observed in relation to Drinking Water and Sanitation.

## INTRODUCCIÓN

El Plan Maestro Metropolitano de la ciudad de Tarija, en su diagnóstico ha establecido que aproximadamente el 65% de los efluentes sanitarios generados en la ciudad de Tarija son conducidos mediante la red de alcantarillado hacia la planta de tratamiento de San Luis, cuya descarga es vertida a la Quebrada Torrecillas que luego de un recorrido de 3,8 Km confluye en el Río Guadalquivir.

El sistema de drenaje de Tarija se ha dividido en dos grandes sectores, debido a que el río Guadalquivir atraviesa la ciudad. El flujo se da por gravedad, es de tipo separativo, es decir, las aguas residuales van separadas de las aguas lluvias.

La red cubre los 13 distritos urbanos en que se divide Tarija; y solamente 9 distritos descargan las aguas servidas hacia la planta de tratamiento (Lagunas de San Luis).

Los otros 4 distritos tienen sistemas de alcantarillado independientes que funcionan con cámaras sépticas, cuyos efluentes descargan en quebradas tributarias del río Guadalquivir.

Los distritos que tienen 100% de cobertura en cuanto a drenaje sanitario son los 5 de la zona central. Los distritos 11 y 12 son los que tienen menos cobertura.

En el mismo documento se concluye que: El sistema de desinfección utilizado no está siendo eficiente para lograr el cumplimiento de la normativa vigente sobre calidad de agua; requiriendo este aspecto una mejora y adaptación de nuevas tecnologías.

Además del contexto mencionado en las líneas precedentes, el alcantarillado domiciliario de la ciudad de Tarija ya no funciona como tal, sino que empresas clandestinas realizan su vertimiento de sus aguas residuales al alcantarillado, y esto genera que la PTAR de San Luis tenga un mal funcionamiento y genere el vertimiento al río de aguas deficientemente tratadas.

Y la necesidad de realizar su estudio es urgente, debido a que las tecnologías que se pretenden implementar para poder resolver el problema ambiental sobreveniente de la operación deficiente de las lagunas de San Luis, requiere un conocimiento de la calidad del agua residual a ser tratada, de tal manera que su caracterización permita tomar las mejores decisiones para realizar una eficaz y eficiente gestión de las aguas residuales de la ciudad de Tarija.

Actualmente en el marco de colaboración intergubernativo entre el Gobierno Autónomo Departamental y Municipal, se tiene previsto la construcción de la nueva planta de tratamiento de aguas residuales de San Blas,

consiguientemente es necesario conocer la calidad de aguas residuales que genera la ciudad de Tarija, y si éstas obedecen a los parámetros normalizados para un agua residual principalmente doméstica y en relación a la normativa ambiental vigente.

El trabajo de investigación involucrará de manera directa a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho a través del Centro de Investigación del Agua (CIAGUA), con la Cooperativa de Servicios de Agua y Alcantarillado COSAALT, para contribuir al monitoreo de la calidad del agua.

## METODOLOGÍA

### Descripción del área de estudio

La PTAR de la ciudad de Tarija se encuentra ubicada en la Zona de San Luis al sur de la ciudad, entre las coordenadas UTM: 323967.34-324642.03 mE y 7614750.15-7614333.57 mS; a 1865 m.s.n.m. como altitud promedio, limita:

- Al Norte: Aeropuerto Oriel lea Plaza
- Al Sur: El temporal
- Al Oeste: San Luis
- Al Este: San Jorge II

La planta sirve para el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Tarija, se emplea una tecnología aerobia a través de lagunas de oxidación.

Dada la importancia de la planta para ciudad de Tarija, así como la incertidumbre de los parámetros de calidad de agua generadas por la ciudad de Tarija, es necesario realizar campañas de medición de 24 hrs. En distintas estaciones del año. La ubicación de la zona de estudio se muestra en la Figura 1.

Figura 1.  
Ubicación geográfica de las lagunas de oxidación de San Luis



## PROCESO EXPERIMENTAL

Para la presente Investigación se realizaron 2 campañas de monitoreo, la primera fue ejecutada en el mes de enero del año 2019 y la segunda fase se ejecutó en el mes de marzo del año 2019.

Metodología del muestreo

### Recolección de muestras

Cada campaña de monitoreo consistió en la recolección de muestras compuestas que nos permitan observar a nivel horario el comportamiento de las aguas residuales que ingresan a la PTAR de San Luis.

El muestreo se realizó según los lineamientos dispuestos en el documento "Guía para la toma de muestras de agua residual", elaborado por Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico (SENASBA) y su Programa para Servicios Sostenibles de Agua Potable y Saneamiento en Áreas Periurbanas (PERIAGUA).

En la primera fase se recolectaron 3 muestras compuestas, 2 muestras en días particulares y una muestra en un fin de semana, así de esta manera podremos observar cómo son las características de las aguas residuales a nivel horario.

Tabla 1.  
Días de toma de muestras (1ra Campaña)

L	M	M	J	V	S	D
	X		X		X	

En la segunda fase también se recolectaron muestras simples cada hora durante un periodo de 24 horas y se procedió a realizar un análisis exhaustivo de los resultados obtenido y los rangos de calidad de agua que ingresan a la planta de tratamiento de San Luis.

Tabla 2.  
Días de toma de muestras (2ra Campaña)

L	M	M	J	V	S	D
		X		X		X

### Transporte y conservación de muestras al laboratorio

Las muestras se almacenaron en una conservadora con hielo, para luego ser transportadas al laboratorio para su posterior procesamiento.

Fotografía 1.  
Conservación de muestras para su posterior traslado al laboratorio



En principio se tenía previsto medir 8 parámetros, sin embargo, se realizó el esfuerzo de complementar a 13 parámetros en cada una de las muestras, siendo los siguientes: Caudal, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK), Sulfatos (SO4), Fósforo total, Temperatura, pH, Sólidos Totales Disueltos (STD), Sólidos Sedimentables (SS), Turbiedad (Turbidez) y Conductividad.

## Metodología estadística

Para el análisis estadístico de los datos se empleó estadística básica, así como el análisis multivariable de los parámetros estudiados mediante el software **XLSTAT**, para posteriormente clasificar en grupos y realizar análisis de correlación entre variables.

El análisis de los parámetros en forma aislada no nos permite observar comportamientos dentro de la muestra compuesta o grados de correlación entre parámetros, es por ello que se plantea el análisis multivariable de los parámetros.

Cabe mencionar que esta metodología fue utilizada en estudios de relevancia como ser:

### **“DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA, SEDIMENTOS Y PECES DEL LAGO SAN JACINTO”.**

Estudio encargado al **“Laboratorio de proyectos ambientales de la universidad Nacional Autónoma de México” denominado “Informe de la UNAM”**

#### **Pasos a seguir para el análisis estadístico**

- Resumir los datos mediante conjuntos de los parámetros con mínima pérdida.
- Encontrar grupos en los parámetros si existen.
- Clasificar observaciones en los grupos definidos.
- Relacionar 2 conjuntos de variables AA23
- Expresar los resultados de los análisis gráficamente

## RESULTADOS

Los muestreos se realizaron en el Canal Parshall de ingreso de las aguas residuales a las Lagunas de Oxidación de San Luis, durante 24 horas, en los turnos de la mañana, tarde y noche .

Fotografía 2  
Toma de muestras del día martes



Fotografía 3.  
Registro de protocolos de muestras



Fotografía 4.  
Muestreo día 3 (Sábado)



Fotografía 5.  
Lugar de muestreo Canal Parshall - PTAR San Luis



Fotografía 6.  
Recolección de la muestra J12

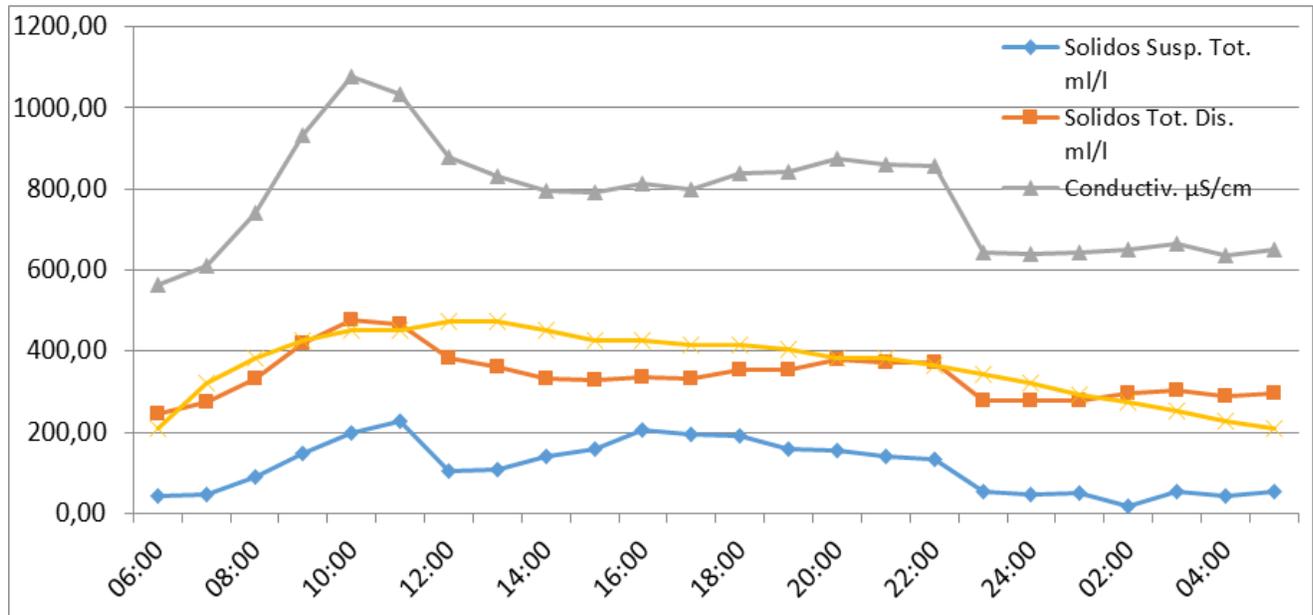


Fotografía 7.  
Muestreo día martes horas de la noche

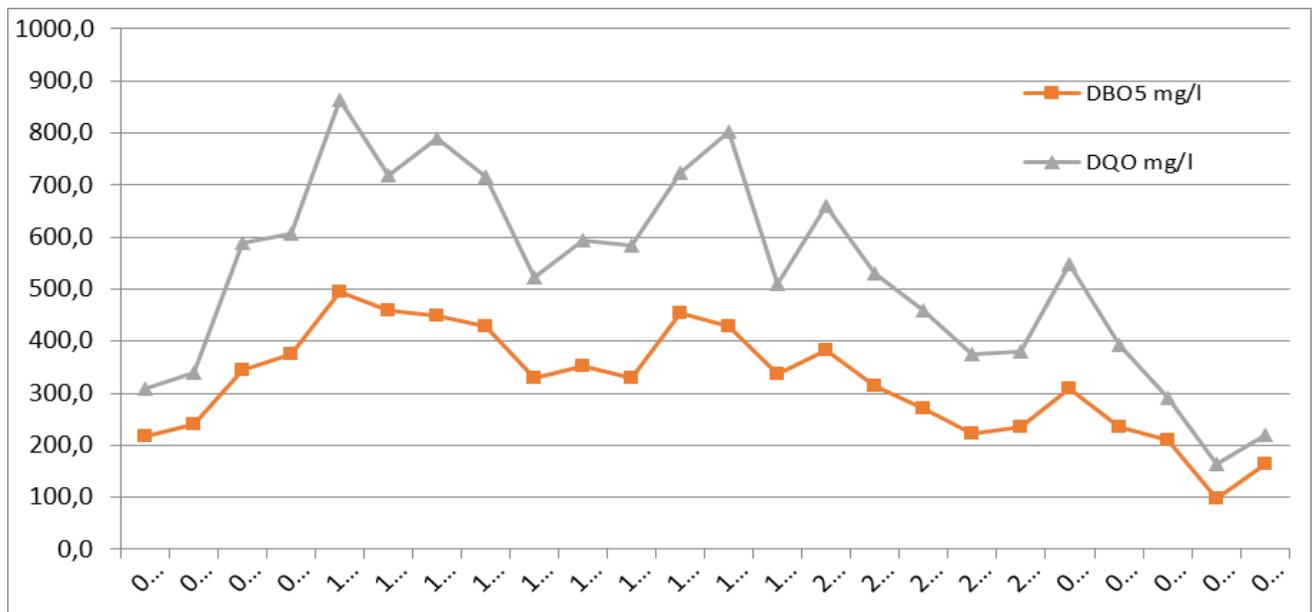


Analíticamente el comportamiento hidrodinámico de las aguas a lo largo del día es normal, presentando concentraciones moderadas en comparación con las características típicas de un agua residual.

Gráfica 1.  
Parámetros físicos en 24 hrs



Gráfica 2.  
Variación de DBO5 y DQO en 24 hrs



## Análisis de variación de parámetros

Tabla 3.  
Variación de parámetros en la primera campaña de medición

N° Muestra	Und	1ra campaña de medición			Variación
		M	J	S	
Temp. Muestra	°C	24.18	21.42	23.41	6%
pH	-	7.40	7.47	7.48	1%
Sólidos Susp. Tot.	ml/l	159.29	141.29	115.25	16%

N° Muestra	Und	1ra campaña de medición			Variación
		M	J	S	
Sólidos Tot. Dis.	ml/l	362.58	336.40	338.97	4%
Sólidos Sed.	ml/l	10.93	13.30	9.20	18%
Conductiv.	µS/cm	817.71	802.08	777.88	3%
Turbiedad	NTU	109.58	107.50	90.79	10%
DBO5	mg/l	311.25	320.25	272.42	8%
DQO	mg/l	506.92	528.88	516.08	2%
Fósforo Total	mg/l	2.79	3.03	4.24	23%
Nitrógeno Total	mg/l	31.45	34.00	31.71	4%
Sulfatos	mg/l	27.62	29.44	41.75	23%
Caudal	l/seg	336.50	341.00	365.91	5%
Alt. Caudal	cm	49.08	49.50	51.96	3%
Volumen	m3	1211.41	1227.60	1317.29	5%
Carga Orgánica	Kg DQO	652.84	697.80	734.98	6%

Como se puede observar en tabla anterior los parámetros del agua residual para 24hrs en un día particular no varían demasiado, prácticamente se tiene una variación máxima del 23% entre parámetros medidos en un día y otro, y una variación mínima del 1%.

Tabla 4.  
Variación de parámetros en la segunda campaña de medición

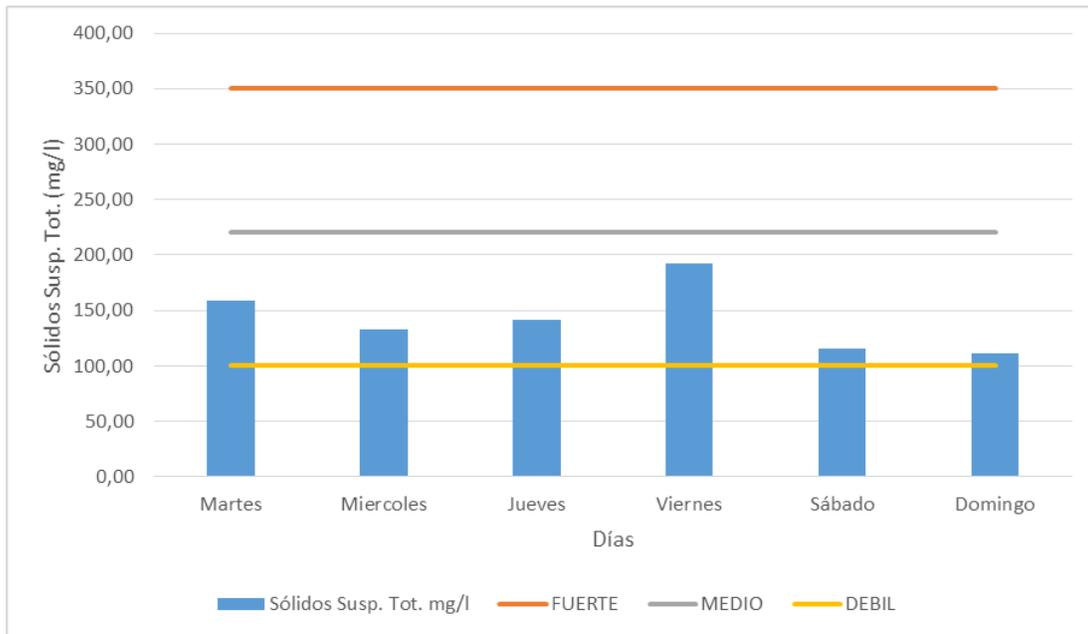
N° Muestra	Und	2da Campaña de medición			Variación
		M	V	D	
Temp. Muestra	°C	20.65	24.97	23.80	10%
pH	-	7.53	7.26	7.38	2%
Sólidos Susp. Tot.	ml/l	133.13	192.67	111.42	29%
Sólidos Tot. Dis.	ml/l	310.69	360.70	366.87	9%
Sólidos Sed.	ml/l	10.53	5.49	6.53	35%
Conductiv.	µS/cm	774.29	801.38	836.33	4%
Turbiedad	NTU	95.08	88.90	78.38	10%
DBO5	mg/l	236.04	295.00	276.13	11%
DQO	mg/l	515.83	536.63	504.92	3%

N° Muestra	Und	2da Campaña de medición			Variación
		M	V	D	
Fósforo Total	mg/l	2.83	3.33	2.92	9%
Nitrógeno Total	mg/l	31.75	37.78	31.82	10%
Sulfatos	mg/l	32.00	34.66	36.13	6%
Caudal	l/seg	342.78	344.80	327.54	3%
Alt. Caudal	cm	49.63	49.75	48.13	2%
Volumen	m <sup>3</sup>	1233.99	1241.28	1179.16	3%
Carga Orgánica	Kg DQO	655.53	719.64	648.24	6%

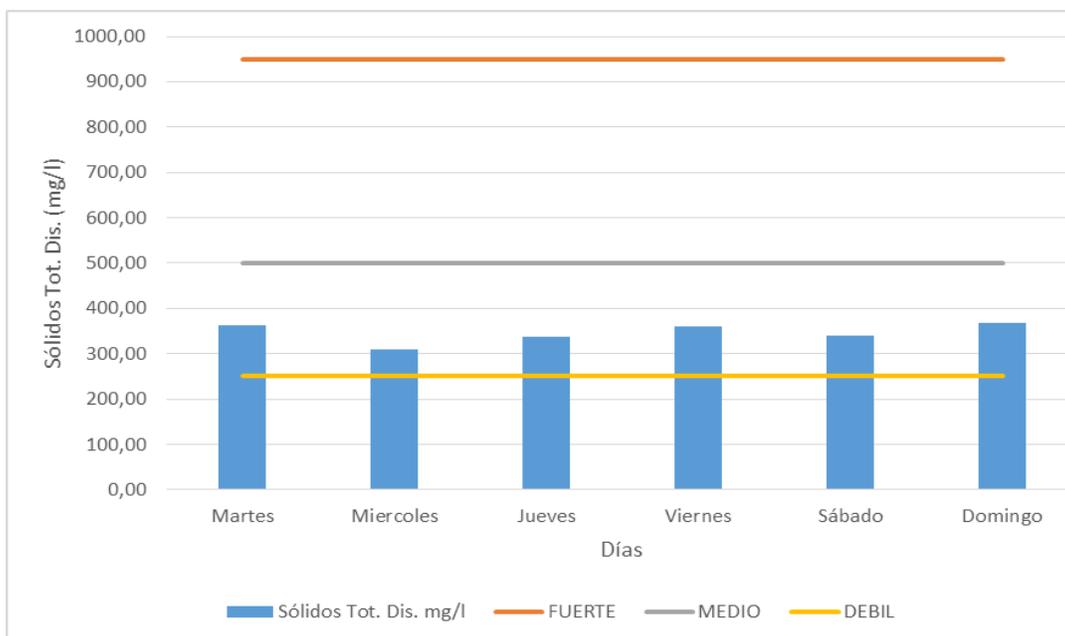
Como se puede observar en tabla anterior los parámetros del agua residual para 24hrs en un día particular o fin de semana, para esta campaña tuvieron una variación mayor a la primera campaña, esto en relación a los parámetros de Sólidos sedimentables y sólidos Suspendidos totales, pero en los demás parámetros se presentó un comportamiento normal con relación a la primera campaña. Esto puede ser debido a la influencia de las lluvias precedentes.

## Análisis de concentración

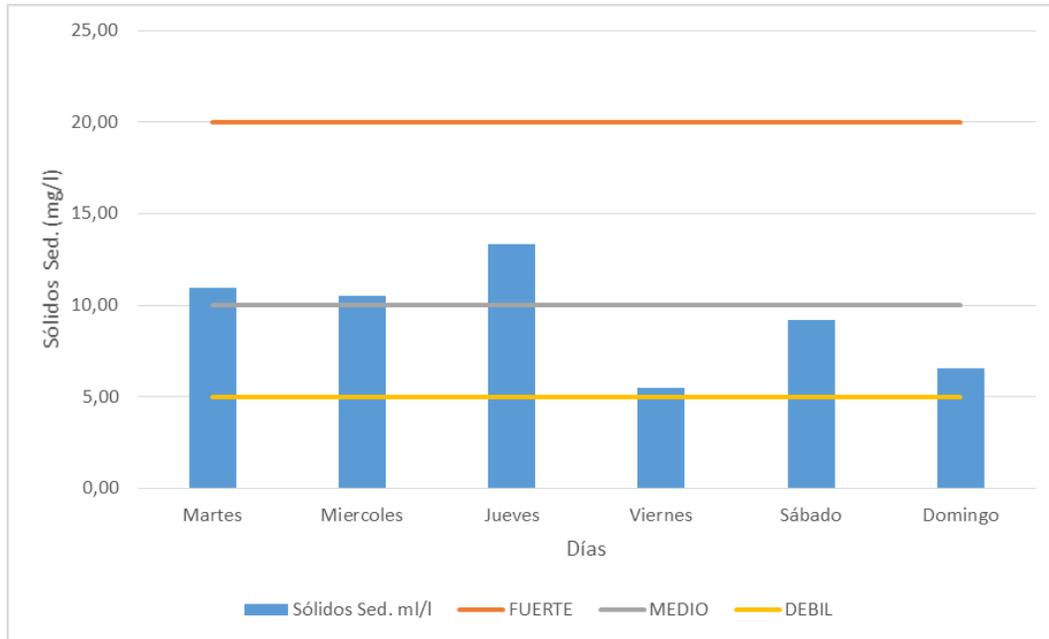
Gráfica 3.  
Análisis de Concentración de Sólidos Suspendedos Totales



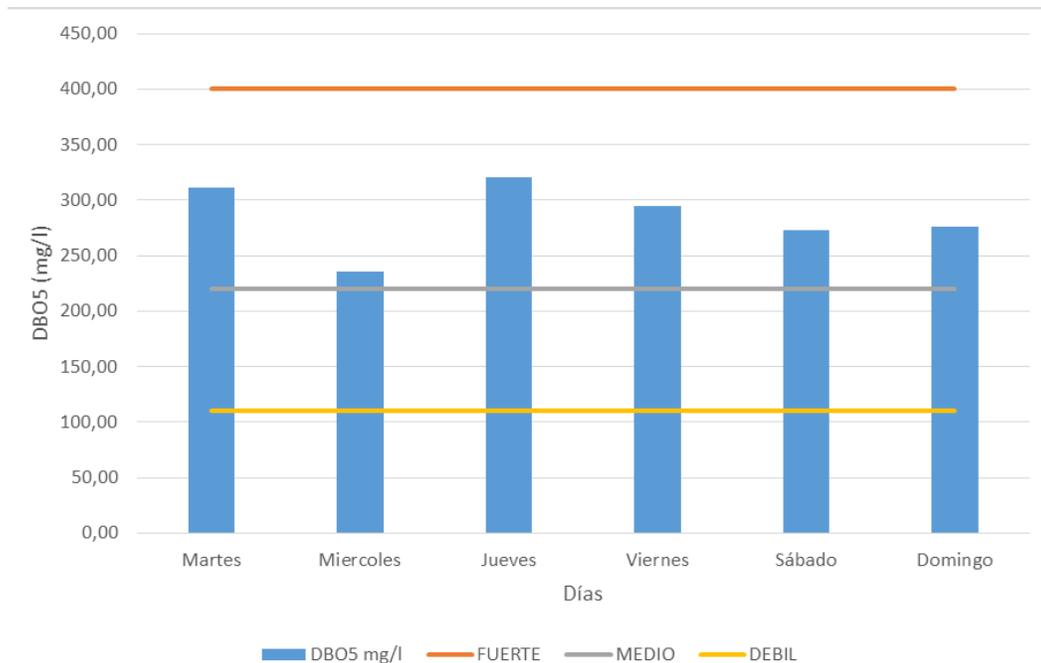
Gráfica 4.  
Análisis de Concentración de Sólidos Totales Disueltos



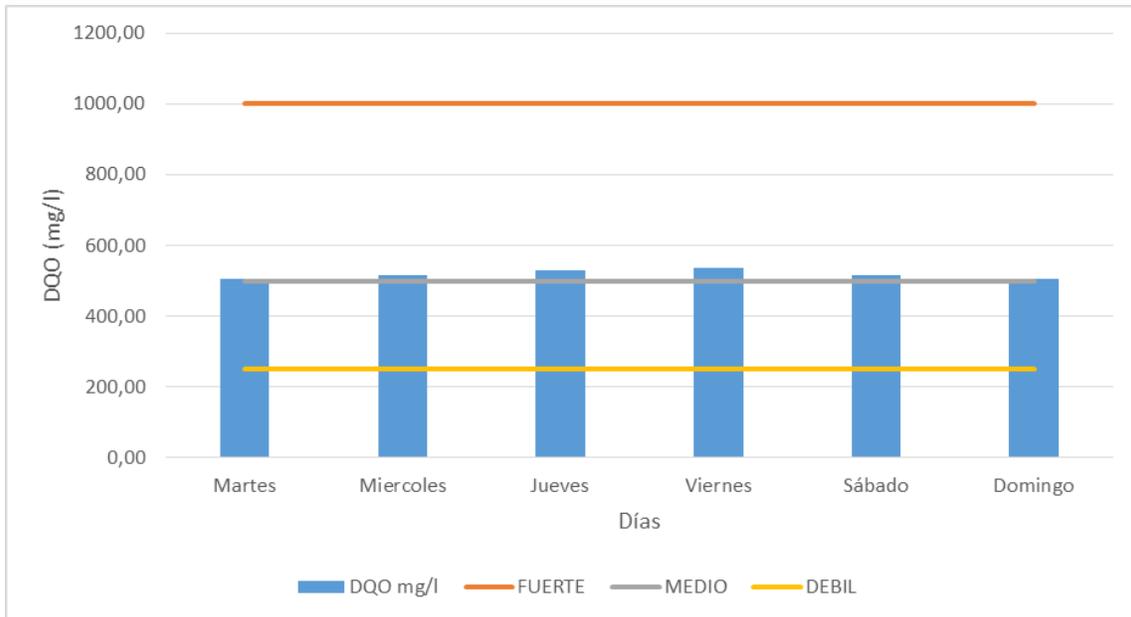
Gráfica 5.  
Análisis de Concentración de Sólidos Sedimentables



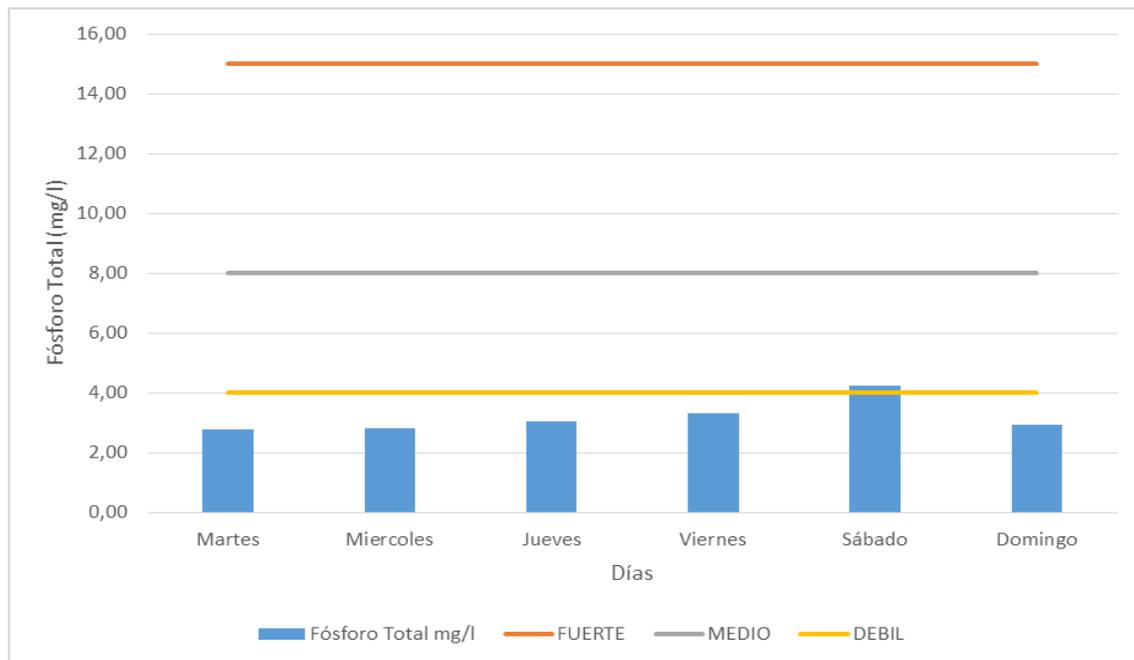
Gráfica 6.  
Análisis de Concentración de DBO5



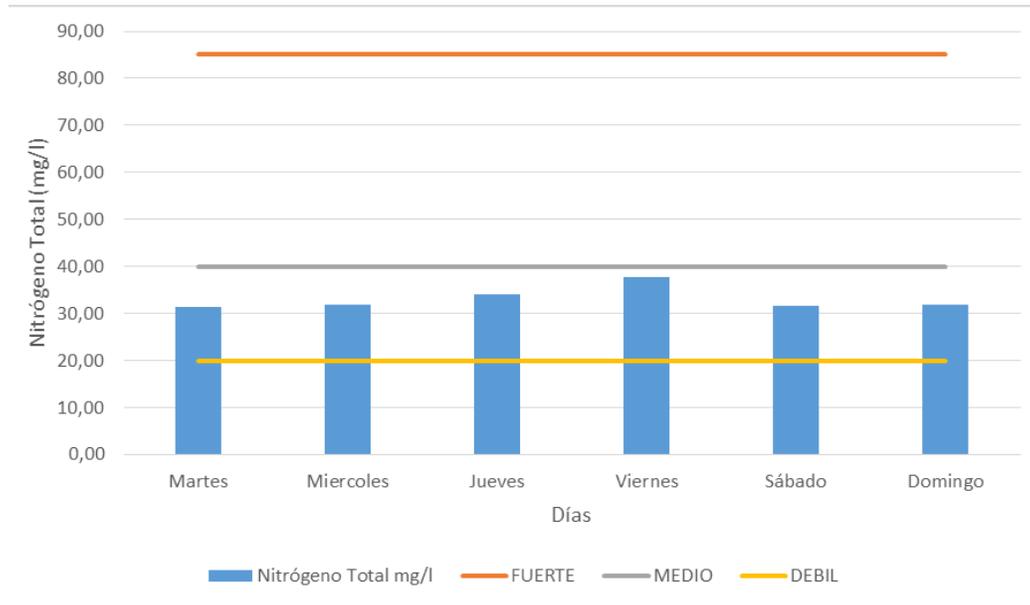
Gráfica 7.  
Análisis de Concentración de DQO



Gráfica 8.  
Análisis de Concentración de Fósforo Total



Gráfica 9.  
Análisis de Concentración de Nitrógeno Total



Observando los resultados promedio de 24hrs obtenidos para cada uno de los días de medición en comparación con la referencia de los rangos de concentración propuestos, se tiene una concentración de media a fuerte en la mayoría de los parámetros, a excepción del Fósforo Total en el cual se tiene una concentración débil.

### Análisis de producción de sedimentos en el alcantarillado sanitario de la ciudad de Tarija

Los valores altos de producción de sedimentos observados, ameritan la atención pues fluctúan en valores que van desde los 400.28 a 173.42 m<sup>3</sup>/día, siendo un promedio medido de 285.44 m<sup>3</sup>/día (considerando un peso específico promedio de 1.67 tn/m<sup>3</sup>), la cifra alta sugiere que por mes se necesitarían evacuar una cantidad importante de sedimentos, que traducidas a volquetas de 12 m<sup>3</sup>, sugiere la asombrosa

cifra de 714 volquetas por mes, suponiendo una alta efectividad de un supuesto desarenador a implementar como así también prácticas de floculación que permitan una alta sedimentación, para permitir una alta efectividad del sistema de tratamiento.

### CONCLUSIONES

- El principal problema actual del sistema de tratamiento de aguas residuales de San Luis es la producción de sedimentos del sistema de alcantarillado de la ciudad de Tarija, y presumiblemente es originado por 2 principales causas: conexiones cruzadas y considerable deterioro de las tuberías del alcantarillado de la ciudad de Tarija, hecho que debe ser investigado con mayor detenimiento.
- La alta producción de sedimentos del sistema de alcantarillado de la ciudad de Tarija, es el principal responsable del presumible inefectivo tratamiento de

aguas residuales de las lagunas de San Luis, por lo que el pretratamiento es indiscutiblemente muy necesario.

➤ Se realizó la evaluación de las características físico, químicas de las aguas residuales que ingresan a la PTAR de San Luis de la ciudad de Tarija, para las 2 Campañas de medición establecidas en los términos de referencia, obteniendo muy buenos resultados del mismo.

➤ Se Obtuvieron las muestras compuestas de 24hrs de las aguas que ingresan a la planta de tratamiento de San Luis para 6 días, separados en 2 campañas, en la primera campaña se obtuvieron las muestras compuestas para los días: martes, jueves, sábado y en la segunda campaña para los días: miércoles, viernes, domingo.

➤ Se realizaron los ensayos de laboratorio para la determinación de las características físico, químicas de las aguas residuales de la PTAR de San Luis, todo esto para las 432 muestras obtenidas en las 2 campañas de medición.

➤ Se realizó el análisis de los resultados obtenidos en laboratorio con ayuda del software XIStat y planillas Excel, de los cuales se pudo realizar un análisis de la variación de los parámetros en cada día de medición para determinar la variación de los mismos, un análisis de la biodegradabilidad de las aguas residuales de la ciudad de Tarija, un análisis de concentración de los parámetros, y un análisis de Correlación de parámetros para determinar la correlación existente entre parámetros.

➤ Del análisis de variación de parámetros se puede concluir que en los parámetros: pH, Sólidos Totales Disueltos, Conductividad, DQO, Nitrógeno Total, Caudal no existe mucha variación ya que no superan el 10% de variación; y los parámetros Turbiedad, DBO5, Fósforo Total, Sulfatos presentaron una variación moderada no superando el 20%; en tanto los parámetros como ser Sólido Suspendidos Totales y Sólidos Sedimentables tuvieron una variación mayor al 20% para lo recomendaría realizar

una investigación futura para determinar la influencia de la variación de los mismos.

➤ Del análisis de biodegradabilidad se puede concluir que las aguas residuales de la ciudad de Tarija son biodegradables, ya que al realizar el cociente del DQO/DBO5 en su mayoría todos los resultados nos dieron menores a 2.5.

➤ Del análisis de concentración de los parámetros se puede concluir que los parámetros: Sólidos suspendidos Totales, DBO5, DQO tienen una concentración fuerte; Sólidos Totales Disueltos, Sólidos Sedimentables, Nitrógeno total presentan una concentración media y el Fósforo Total una concentración débil.

➤ Tomando en cuenta los resultados obtenidos en laboratorio se puede concluir que las aguas residuales producidas por la ciudad de Tarija si corresponde a las características de un agua residual doméstica.

➤ Además, los anteriores resultados nos permiten observar que los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados son consistentes, y su confiabilidad está garantizada.

➤ Es necesario realizar inversión pública en un sistema de pretratamiento de aguas residuales del sistema de tratamiento de San Luis, y en investigaciones sobre la producción de sedimentos en el sistema de alcantarillado de la ciudad de Tarija, para evitar el ingreso de sedimentos al sistema por conexiones cruzadas y clandestinas, como así también renovar el sistema de alcantarillado sanitario donde sea necesario para evitar el presumible arrastre de sedimentos correspondiente.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Los diferentes métodos de caracterización muestran resultados más cualitativos que cuantitativos que no permiten determinar con más precisión la calidad

del agua residual, por lo que se ve necesario la calificación de estas mediante valores de acuerdo al estado actual en la que estas se encuentran.

✓ Para realizar la caracterización de las aguas residuales se debe conocer previamente el tipo de tratamiento y el origen de las aguas residuales para determinar los parámetros a ser evaluados.

✓ Es necesario realizar un análisis más profundo en diversos sectores del alcantarillado sanitario de la ciudad de Tarija y en diversas épocas del año en periodo de lluvias y periodo seco, para determinar el origen de la alta cantidad de sedimentos que se encuentran en el mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ☛ Metfcal and Eddy (1995). Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización. España: Impresos y Revistas, S. A.
- ☛ Ingenieure, A. B. (2009). Software UASBplant\_pro. Alemania.
- ☛ Jiménez, A. A. (2009). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. Madrid: Universidad Carlos III.
- ☛ Osorio, P. C. (2010). Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de comunas. Mexico: Universidad Tec. Fed. Sta María.
- ☛ Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2013). Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales. La Paz.



# ART. 6

**“GEODESIA APLICADA PARA LA INTEGRACIÓN DE DATOS BATIMÉTRICOS PARA EL CONTROL DE SEDIMENTACIÓN EN CUATRO EMBALSES EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA”**



# “GEODESIA APLICADA PARA LA INTEGRACIÓN DE DATOS BATIMÉTRICOS PARA EL CONTROL DE SEDIMENTACIÓN EN CUATRO EMBALSES EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA”

"APPLIED GEODESY FOR THE INTEGRATION OF BATHYMETRIC DATA FOR SEDIMENTATION CONTROL IN FOUR RESERVOIRS IN THE DEPARTMENT OF TARIJA"

**ESCALANTE ÁLVAREZ ADELAIDA EVELIN**  
evita697@gmail.com

Docente del Dpto. de Topografía y Vías de Comunicación - Carrera de Ingeniería Civil- Facultad de Ciencias y Tecnología –UAJMS

## RESUMEN

Este artículo presenta una metodología desarrollada en los proyectos de control y cálculo de sedimentación en 4 embalses, mediante levantamiento batimétrico.

La determinación de datos batimétricos esta intrínsecamente ligado a datos Geodésico-Topográficos levantados in situ, debidamente georreferenciados con precisión milimétrica, son el inicio de un proceso sistemático de la obtención de una cartografía digital acuática que debe ser compatible para estudios hidrológicos mínimamente en el control de sedimentación, el cual empieza con la determinación de redes geodésicas en los embalses.

Las Redes Geodésicas consisten básicamente en una serie de puntos distribuidos por toda la superficie formando una malla de triángulos, en los cuales, tras un proceso de complejos cálculos post procesos, se conocen como vértices geodésicos. Esta Red Geodésica, de los 4 embalses están constituidos por 20 Vértices Geodésicos absolutos situados sobre el terreno en cada embalse, establecidos mediante monumentos físicos

y permanentes enlazados la Red Geodésica mundial ITRF y a las redes regionales como SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrica Nacional) y de manera nacional su enlace de la RED MARGEN(Marco de Referencia Geocéntrica Nacional). Esta Red de Triangulación Geodésica pertenece a la clase B, y fue realizado por el método en función del sistema de navegación por satélite global (GNSS), y su respectivo post proceso diferencial, el cual es fundamental, para el enlace del levantamiento topográfico, y batimétrico obteniendo un Modelo digital del fondo acuático obtenido por una embarcación con ecosonda integradas con sistema GNSS.

Las estaciones de control de la red geodésica desplegada para el área de estudio, está vinculado al Sistema Geodésico WGS-84 y GRS-80 este último normado por la unidad de gestión de datos geoespaciales GEO-BOLIVIA.

## PALABRAS CLAVES:

GNSS, RED GEODÉSICA AJUSTE PROCESO COORDENADAS, BATIMETRÍA

## ABSTRACT:

This article presents a methodology developed in the projects of control and calculation of sedimentation in 4 dams, by means of bathymetric survey.

The determination of bathymetric data is intrinsically linked to Geodetic-Topographic data collected in situ, duly georeferenced with pinpoint accuracy, they are the beginning of a systematic process of obtaining a digital aquatic cartography that must be compatible for hydrological studies minimally in the control of sedimentation, which begins with the determination of geodetic networks in reservoirs.

Geodetic Networks basically consist of a series of points distributed throughout the surface forming a mesh of triangles, in which, after a process of complex post-process calculations, they are known as geodetic vertices. This Geodetic Network, of the 4 reservoirs are constituted by 20 absolute Geodetic Vertices located on the ground in each reservoir, established by physical and permanent monuments linked to the ITRF World Geodetic Network and to regional networks such as SIRGAS (National Geocentric Reference System) and of national way its link of the MARGEN NETWORK (National Geocentric Reference Framework).

This Geodetic Triangulation Network belongs to class B, and was carried out by the method based on the global satellite navigation system (GNSS), and its respective differential post process, which is essential, for the topographic survey link, and Bathymetric obtaining a digital model of the aquatic bottom obtained by a vessel with echo sounder integrated with GNSS system. The control stations of the geodetic network deployed for the study area are linked to the Geodetic System WGS-

84 and GRS-80, the latter being regulated by the geospatial data management unit GEO-BOLIVIA.

## KEYWORDS

GNSS, GEODESIC NETWORK ADJUST COORDINATED PROCESS, BATIMETRY

## INTRODUCCIÓN.

Clásicamente el control de sedimentos en una represa o un lecho marino se realizaba mediante perfiles o líneas topográficas en el área, generalmente se hallaban contratiempos en el avances de las líneas de Control que fueran calculados para el propósito de identificar áreas de acreción, erosión o sedimentación en ellas, no obstante factores ambientales como ser la variación de las aguas los oleajes, el viento no permiten definir los perfiles del sedimento significativo por carecer una variación en las profundidades acuáticas de la embalses.

Anteriormente los levantamientos batimétricos tenían diferentes sistema referencial Geodésicos o en su caso esa diferencia inviabilizaban la integración de datos de los productos generados.

Con el avance y proliferación de las técnicas de nuevos dispositivos de posicionamiento, especialmente el Sistema de posicionamiento global (GNSS), han reemplazado lo convencional como ser los métodos de poligonación nivelación etc, y han sido sustituidos por los datos espaciales como beneficio de la precisión y la exactitud, simplicidad operacional y rapidez a un bajo costo, a partir de esta técnica, cada vez más precisa es posible realizar los levantamientos batimétricos georreferenciados. Sin embargo es imprescindible indicar que estos, no deben ser realizados separadamente con

referencias geodésicas diferentes claro ejemplo es de la represa de San Jacinto batimetría en el sistema PSAD – 56 y batimetría del 2005 WGS-84, situación técnica que no puede ser resuelta de manera simple, sino con lleva a un proceso geodésico complejo.

No en tanto hoy en día, la ejecución de levantamientos batimétricos no pueden ser realizados en ausencia de referencias geodésicas fijas e inequívocas deben ser enlazadas planimétricamente y altimétricamente a redes geodésicas de primer orden.

Este artículo representa una metodología desenvuelta para el levantamiento de la batimetría en la represa Honduras del departamento de Tarija, asociando la integración de datos geodésicos y batimétricos.

## OBJETIVO GENERAL

Establecer red geodésica de referencia que servirá de apoyo para los levantamientos batimétricos en función de datos GNSS

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Establecer la materialización de la red geodesica horizontal y vertical derivado del una red continua de la RED MARGEN ( TJA- Chorolque)

- Determinar el ajuste de datos mediante el proceso Puntual Preciso.
- Determinar las coordendas de las redes ajustadas.

## MATERIALES

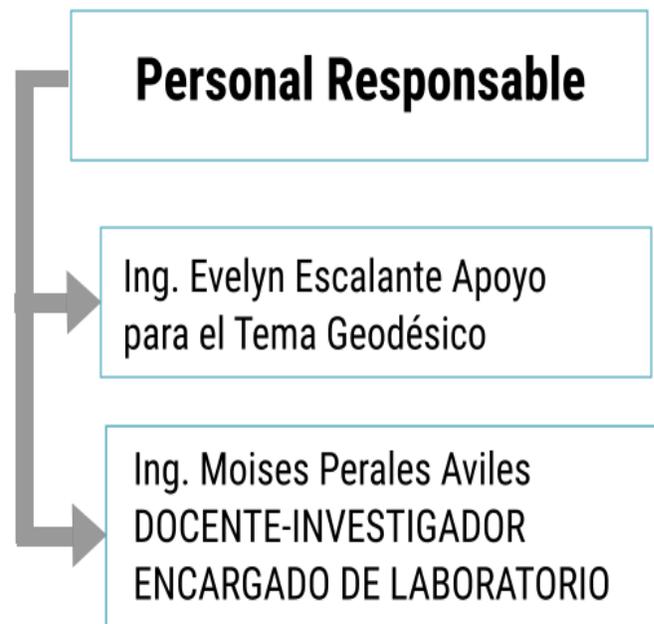
El equipo logístico que se cuenta son los siguientes:

- 2 Equipos GPS de doble frecuencia marca Geofennel (Sistema Glonas y Navstar y Beidou)(Completo incluye Trípodes , Bípodes y baterías de largo alcance)

- 2 Gps Navegadores marcas Etrex vista, Arc Map 76slx, Oregon
- Software de Ajuste Leica Geo- office Versión 8.3 ( Con Licencia Original)
- 2 Computadoras personales Marca Asus core i7
- 1 movilidad 4\*4 todo terreno.

## PERSONAL ESPECIALIZADO DESIGNADO PARA EL PROYECTO

- Cumpliendo con los Términos de Referencia y cuidados de generar una información cualitativa, de manera eficiente y fidedigna el personal es el siguiente:



Para la determinación ser utilizado el punto estación continua Tja- Chorolque, punto de control geodésico (GNSS Diferencial) y Levantamiento Geodésico de primer orden con altura geométrica.

Figura 1 .  
Estación Base Continua Chorolque Tarija



Figura 2.  
Red Geodésica represa Calderas Elaboración propia



Figura 3.-  
Red Geodésica represa Calderas Elaboración propia

Figura 4 .  
Red Geodésica represa Huacata  
Elaboración propia

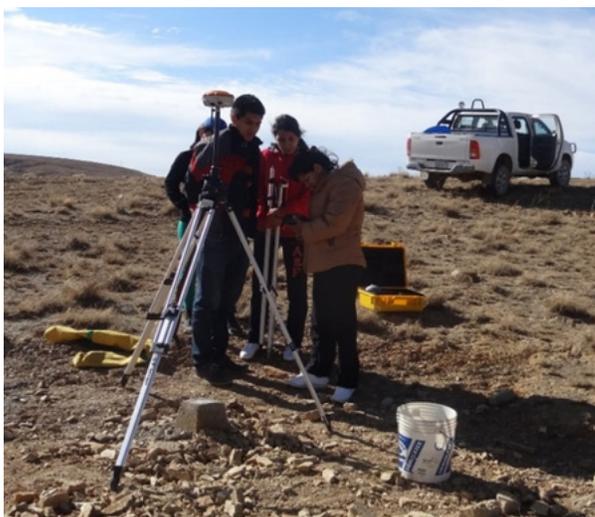


Figura 3.-  
Red Geodésica represa Calderas Elaboración propia

Figura 7 .  
Red Geodésica represa Honduras Elaboración propia



Figura 6 .  
Red Geodésica represa Honduras Elaboración propia



Figura 9 .  
Red Geodésica represa Molino Elaboración propia

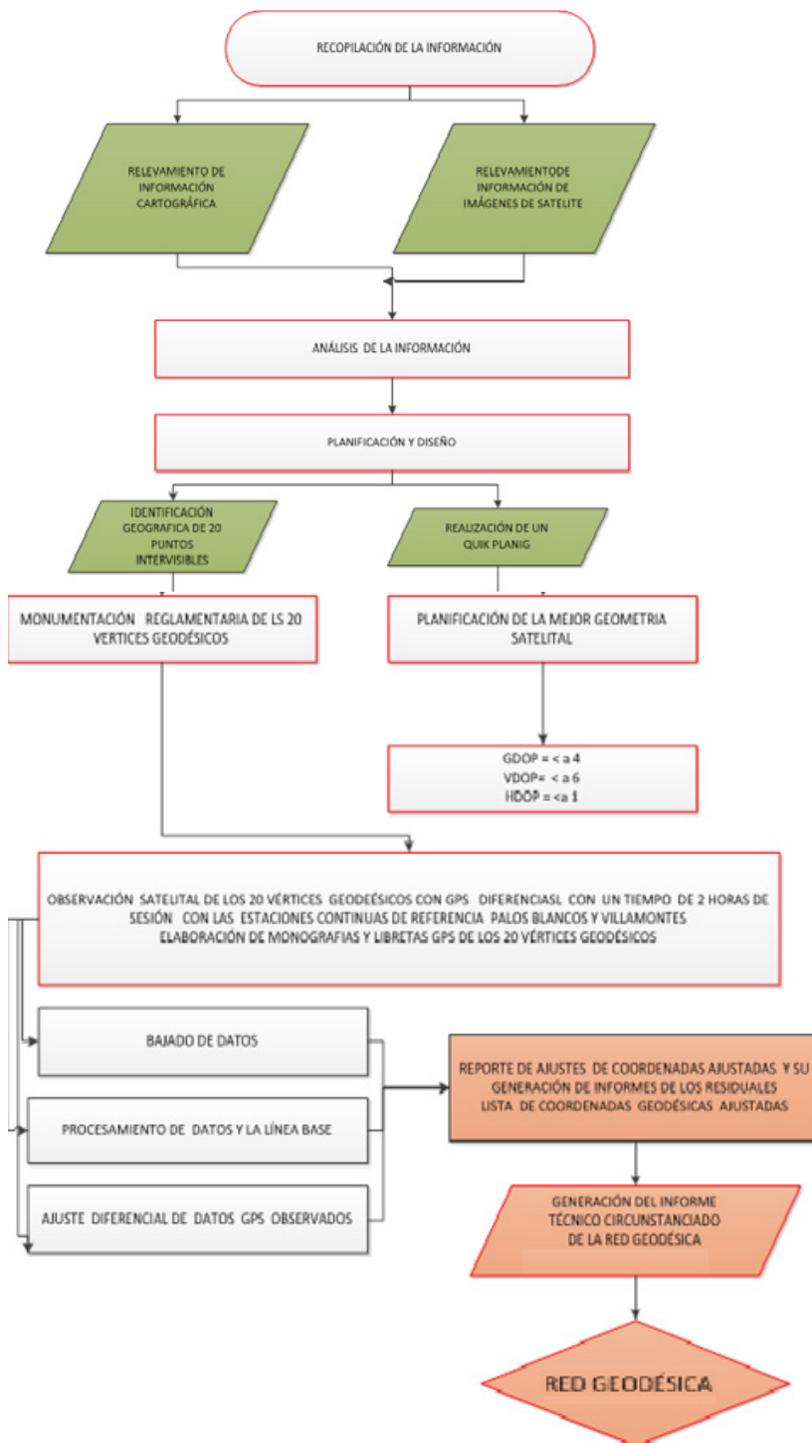


Figura 8 .  
Red Geodésica represa Molino Elaboración propia

## METODOLOGÍA

Se presenta un esquema procedimental técnico – científico de los pasos procedimentales que se realizó para este proyecto

Figura 10.-  
Metodología de Trabajo Elaboración propia



## PROCEDIMIENTO.

Antes de dar inicio a un proyecto estas se definen en tres fases del proyecto:

- Fase I: Pre Campo:
- Fase II: Campo
- Fase III: Post Campo

### FASE I: Pre Campo. (Planificación)

Se fundamenta que para todo inicio de un proyecto ya sea de carácter civil, científico, técnico, legal se realiza las sub fase preliminares que servirán para el diagnóstico de las características más relevantes a tomar en cuenta para una correcta planificación del proyecto, pasos procedimentales y elementos fundamentales de apoyo las cuales son las siguientes:

#### Obtención de:

- ✓ Mapa base en formato digital y analógico de los embalses
- ✓ Imagen satelital de referencia visual para la distribución de los puntos a diseñar y emplazar, escala 1: 5.000
- ✓ Datos de las referencias de estaciones continuas para el enlace de la red diseñada
- ✓ Realización de Quic Planing de las observaciones para la determinación de la Geometría satelital (GDOP) para la observación de los 20 puntos GPS.

### Fase II.- Campo (Elaboración)

- ✓ Materialización de 20 vértices GPS, debidamente empotrados de acuerdo a normativa emitida en Navtar Global Positioning, con pla-

ca de aluminio e inscripción en ellas, las misma son puntos foto identificables.

- ✓ Observación de los 20 vértices GPS con equipos geodésicos de doble frecuencia cumpliendo con los tiempos de observación según la longitud de la línea base y su correspondiente enlace con la RED MARGEN.

- ✓ Elaboración de las monografías y libretas GPS de los 20 Vértices geodésicos con su correspondiente descripción técnica.

### Fase III.- Post Campo (Resultados)

- ✓ Bajado, Proceso y Ajuste de las observaciones geodésicas, en el software Leica Goeoffice 8.2
- ✓ Elaboración de las lista de coordenadas absolutas de la RED GEODÉSICA
- ✓ Elaboración del plano final del emplazamiento de los vértices geodésicos con fondo imagen satelital.
- ✓ Realización del Informe Técnico Circunstanciado, de todo el proceso de elaboración de datos para su entrega final. Para una mejor comprensión del proceso del Establecimiento de la Red Geodésica de los 4 embalses

### Características del Mojón

Material de: Concreto H<sup>9</sup>A Dimensiones 10 cmt de radio.

Figura 11  
Dimensiones del Mojón Elaboración propia

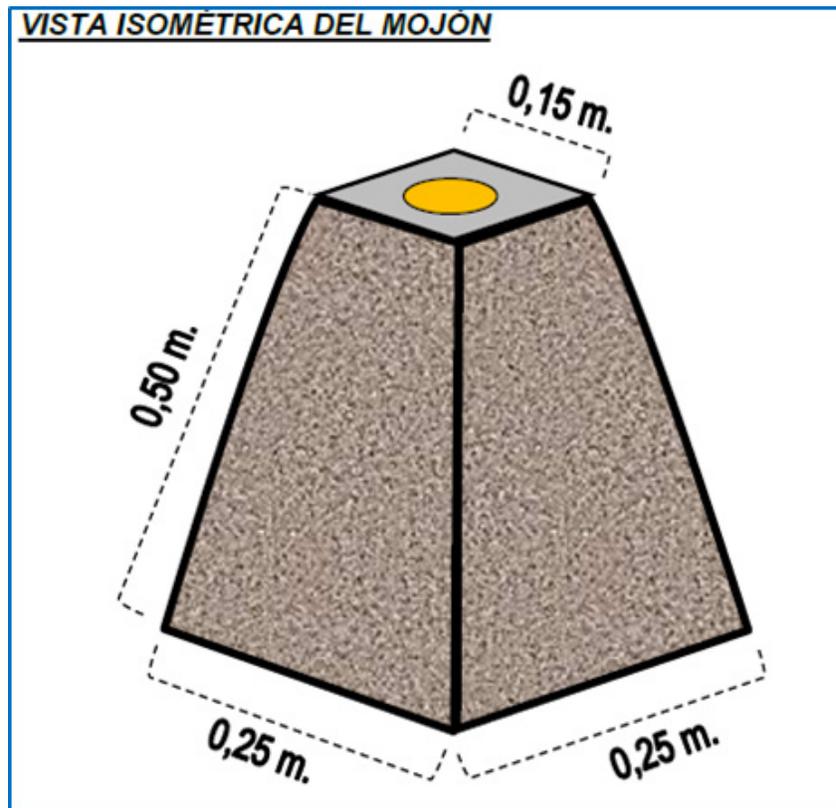
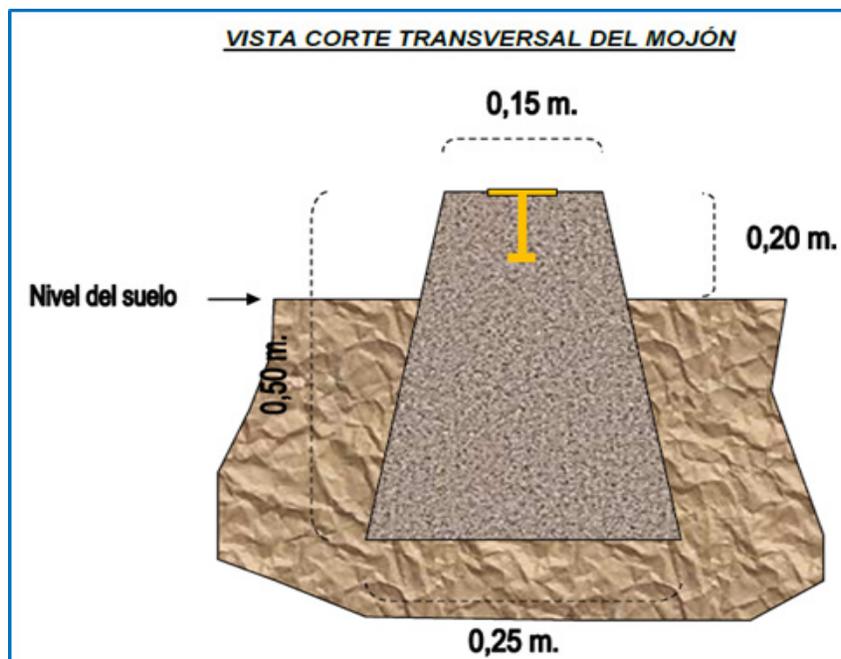


Figura 12.  
Dimensiones del Mojón en corte Fuente: Navstar Global Positioning



## Características del Bulón

Material de: **Aluminio** Dimensiones **10 cm de radio**. En el siguiente gráfico se muestra las dimensiones normadas por el Navstar global Positioning y su aplicación a estas.

Figura 13.  
Dimensiones de la placa en corte Fuente ley 1715

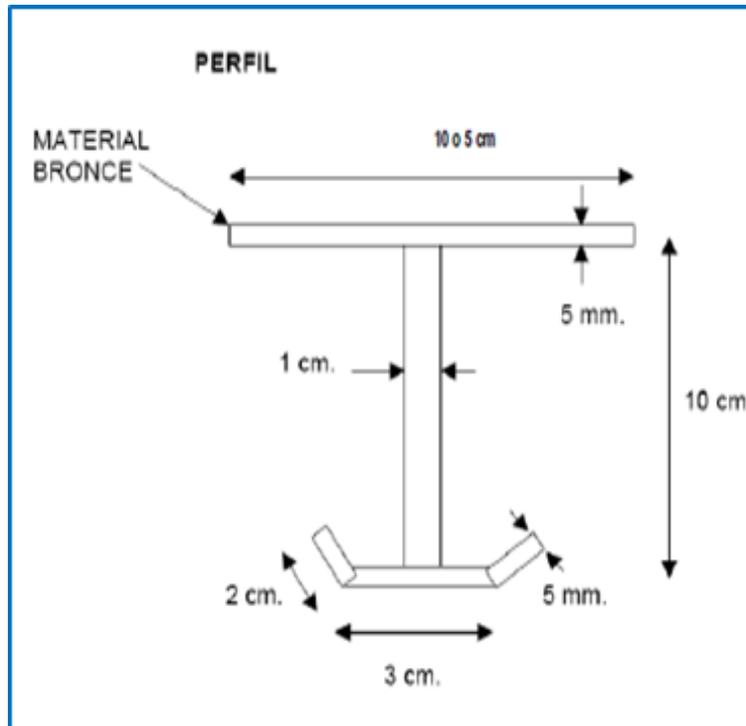


Figura 14.-  
Nomenclatura Placa Fuente ley 1715

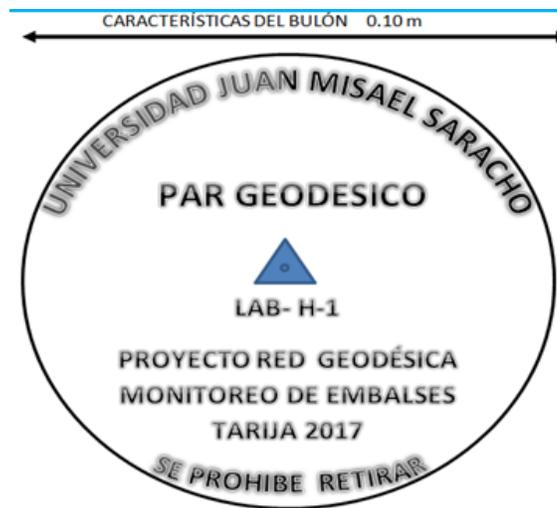


Figura 15.-  
Mojón Materializado fuente Lab. UAJMS



Figura 16.  
. Mojón Materializado fuente Lab. UAJMS



## OBTENCIÓN DE DATOS SATELITALES RED GEO-DÉSICA. FASE I: Pre Campo. (Planificación)

### Parámetros para la Georreferenciación:

- **Derivación de la Densificación:** Red Mar gen Sirgas
- **Elipsoide de Referencia:** WGS-84
- **Datum:** Geocéntrico
- **Superficie del potencial gravitatorio o Constante equipotencial:** Geoide EGM-96
- **Proyección:** Universal Transversa de Mercator (U.T.M.) Cilíndrica y Secante
- **Zona:** 20
- **Faja:** K
- **Estaciones continuas a Utilizar:** TJA- YCBA
- **Cantidad de Puntos:** 20 es decir 4 embalses.

## Características de la Observación Satelital Trabajo de Campo. Fase II.- Campo (Elaboración)

- **Tiempo de Sesión:** 2 Horas de observación simultánea con las dos estaciones GPS continuas.
- **Registro de Intervalos de Grabación:** Cada 15 segundos
- **Método de Observación:** Estático Diferencial
- **Geometría de la Observación Satelital:** GDOP, PDOP, HDOP, VDOP para esta observación el GDOP menor a 4
- **Máscara de Elevación:** 15 grados
- **Cantidad de satélites para la Observación:** Mínimo de 4 satélites
- **Canales:** 12 canales
- **Frecuencia:** L2/L5 GNSS

- **Grados de Libertad:** 95 %
- **Fiabilidad:** 99 %
- **Resolución de Ambigüedades:** Hasta 200 km
- Registro de libretas de campo GPS por cada día juliano en cada respectiva de sesión, contando con las vistas panorámicas del punto establecido.

## Características del Trabajo de Gabinete.

### Fase III.- Post Campo (Resultados)

Concluido el trabajo de campo se procedió a la verificación de la información generada referente a:

- Tiempo de sesión establecida en cada una de las estaciones
- Alturas de antenas GPS
- Correcta Designación de Puntos GPS (De acuerdo a la sigla LAB-H-1)
- Simultaneidad con las otras estaciones de referencia (Estaciones continuas)
- Información necesaria durante la observación.
- Información del receptor y su antena GPS.
- Monografías de las estaciones observadas y correcta descripción
- Selección de las fotografías obtenidas de las estaciones Panorámico y del punto.

## Características del proceso de los datos

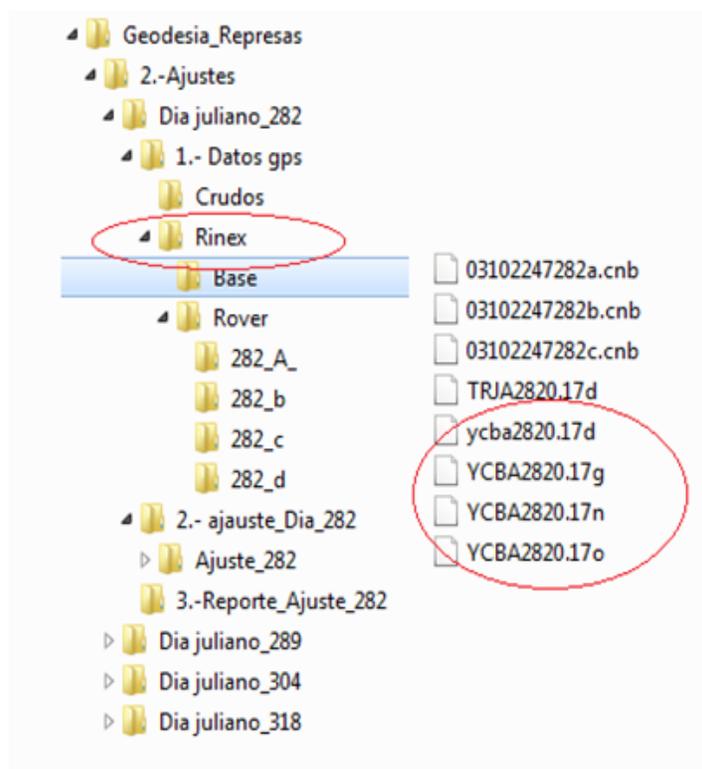
### GPS. (Fase III - Post Proceso)

- Bajado y transferencia de datos Crudos

del equipo GPS al directorio establecido en el PC en el software del Leica Geofiice 8.2, Software con licencia de los equipos receptores de doble frecuencia y RTK.

- Transferencia de los Datos de Observación de las estaciones Continuas de Tarija Cholque y Ycba) de fechas 282,289,304 y 318 días julianos correspondientes a la fecha de observación en formato Crudos y Rinex emitidos por el instituto Geográfico Militar.
- Conversión de datos crudos de los 20 puntos GPS al formato Rinex para su uniformización de la observación de las estaciones continuas.

Figura 17  
Estructura Digital datos Rinex Fuente Propia



### Características del ajuste y Proceso Diferencial.

Para realizar este procedimiento se detalla a continuación la fase procedimental del trabajo (Fase III) Post Proceso)

- El software de ajuste Leica Geoffice v.8.2 se realizó el ajuste de los datos GPS, con el sistema de referencia WGS-84 incluyendo el modelo Geoidal en actual vigencia el EGM-96 para la generación de las alturas Ortométricas. de acuerdo a la información satelital obtenida de efemérides y épocas, tal como lo muestra el archivo fuente del dato rinex.

Figura 18.  
Datos Rinex de Observación Fuente Propia

```

2.11          N: GPS NAV DATA          RINEX VERSION / TYPE
CRU           ComNav Technology 20171022 202148 UTC PGM / RUN BY / DATE
18
LEAP SECONDS
END OF HEADER
05 17 10 9 16 0 0.0 -2.66022980213D-05 1.25055521494D-12 0.00000000000D+00
4.10000000000D+01 -2.11562500000D+01 5.36986653364D-09 -3.62446921826D-01
-1.08219683170D-06 5.23390260059D-03 5.55254518986D-06 5.15355972099D+03
1.44000000000D+05 3.72529029846D-09 2.41099216839D+00 6.14672899246D-08
9.47172147465D-01 2.63562500000D+02 6.00878162884D-01 -8.52464079979D-09
-2.57153568621D-10 0.00000000000D+00 1.97000000000D+03 0.00000000000D+00
2.00000000000D+00 0.00000000000D+00 -1.07102096081D-08 4.10000000000D+01
1.44000000000D+05 0.00000000000D+00 6.88884713579D-08 0.00000000000D+00
13 17 10 9 16 0 0.0 -9.25539061427D-05 -4.54747350886D-13 0.00000000000D+00
2.90000000000D+01 4.10000000000D+01 4.07874132452D-09 -2.66786803420D+00
2.13831663132D-06 3.53940168861D-03 1.16955488920D-05 5.15366091156D+03
1.44000000000D+05 6.14672899246D-08 -2.69041276336D+00 1.11758708954D-08
9.69503820160D-01 1.60937500000D+02 1.72341543096D+00 -7.64531845820D-09
-4.03945397376D-10 0.00000000000D+00 1.97000000000D+03 0.00000000000D+00
2.00000000000D+00 0.00000000000D+00 -1.11758708954D-08 2.90000000000D+01
1.44000000000D+05 0.00000000000D+00 6.88884713579D-08 0.00000000000D+00
15 17 10 9 16 0 0.0 -3.56494449079D-04 -2.27373675443D-13 0.00000000000D+00
3.20000000000D+01 7.71875000000D+00 5.10699844127D-09 -1.93423877754D+00
3.03611159325D-07 9.71412600484D-03 1.07698142529D-05 5.15362768364D+03
1.44000000000D+05 1.21071934700D-07 -2.88355416875D+00 -7.26431608200D-08
9.29213828869D-01 1.54718750000D+02 6.14467912586D-01 -8.13962476233D-09
-3.97516558160D-10 0.00000000000D+00 1.97000000000D+03 0.00000000000D+00
2.00000000000D+00 0.00000000000D+00 -1.07102096081D-08 3.20000000000D+01
1.44000000000D+05 0.00000000000D+00 6.88884713579D-08 0.00000000000D+00
17 17 10 9 16 0 0.0 -1.52016058564D-04 2.27373675443D-12 0.00000000000D+00
2.90000000000D+01 -7.73125000000D+01 3.97802284348D-09 -1.09553839663D+00
-3.80538403988D-06 1.19446644094D-02 1.01234763861D-05 5.15370084763D+03
1.44000000000D+05 -8.75443220139D-08 3.82458024626D-01 2.86847352982D-07
9.81319787542D-01 1.97156250000D+02 -1.84128504032D+00 -7.86997067301D-09
3.92873507616D-11 0.00000000000D+00 1.97000000000D+03 0.00000000000D+00
2.00000000000D+00 0.00000000000D+00 -1.11758708954D-08 2.90000000000D+01
1.44000000000D+05 0.00000000000D+00 6.88884713579D-08 0.00000000000D+00

```

Figura 19  
 Datos Rinex de Navegación Fuente Propia

03102247282c.170: Bloc de notas										
Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda						
2.11		OBSERVATION DATA			M (MIXED)			RINEX VERSION / TYPE		
ComNav								PGM / RUN BY / DATE		
03102247								MARKER NAME		
3102247		ComNav			55.0			OBSERVER / AGENCY		
2550370.7659		-5365822.2033			-2318649.6975			REC # / TYPE / VERS		
0.0000		0.0000			0.0000			ANT # / TYPE		
1		1						APPROX POSITION XYZ		
8		C1			L1 S1 D1 L2 S2 D2 P2			ANTENNA: DELTA H/E/N		
5.000								WAVELENGTH FACT L1/2		
2017		10			9 15 13			# / TYPES OF OBSERV		
					25.000000			INTERVAL		
								TIME OF FIRST OBS		
								END OF HEADER		
17 10 9 15 13 25.0000000 0 15G15G17G28G05G20G30G19G13C11R11R02R01										
R21R08R12										
24861918.914		134062694.46147			42.000			3332.813 100631081.23444		
22.000		2597.043			24861920.680					
22357124.125		117314678.45749			50.000			2482.582 92256550.92248		
36.000		1934.547			22357125.398					
20391717.977		109070146.05549			49.000			-1918.867 83965820.66049		
39.000		-1495.168			20391717.391					
21523116.195		109019049.53549			51.000			-837.355 83957495.07449		
40.000		-652.449			21523117.156					
23742078.141		125744898.94547			42.000			1355.199 100665584.25845		
25.000		1056.098			23742079.516					
22555427.391		117443595.66448			45.000			-1416.988 92341559.40247		
33.000		-1104.078			22555430.766					
23246986.422		125744460.31348			46.000			2636.301 92376862.96147		
32.000		2054.289			23246987.625					
22071392.484		117305398.67249			49.000			2479.922 92292157.82848		
35.000		1932.418			22071392.719					
25283851.266		134203062.84447			41.000			48.625 100655286.01649		
49.000		37.816			25283867.070					
21481506.320		117511457.12549			50.000			-1990.785 92337170.57849		
46.000		-1548.297			21481509.742					
21387352.164		117279938.27349			49.000			3357.863 92154295.71949		
45.000		2611.656			21387356.898					
19312296.227		100686794.59849			51.000			-864.578 83912162.72349		
44.000		-672.500			19312301.406					
23146615.500		125736802.29748			45.000			1709.730 92213048.15249		
42.000		1329.453			23146621.219					
21727663.578		117598990.60949			49.000			-3807.965 92405391.77049		
45.000		-2961.750			21727664.695					
20899427.852		109077273.07049			49.000			-50.613		

Procesamiento de las líneas bases de los 22 puntos GPS, 20 correspondientes al levantamiento y 2 de las estaciones de referencia. El software utilizado Leica Geoffice v 8.2 con licencia original de funcionamiento. El proceso de las líneas bases fueron todas los vectores de las estaciones tanto de referencia como las observadas

Figura 20.-  
Procesamiento líneas base y Rover Fuente Propia

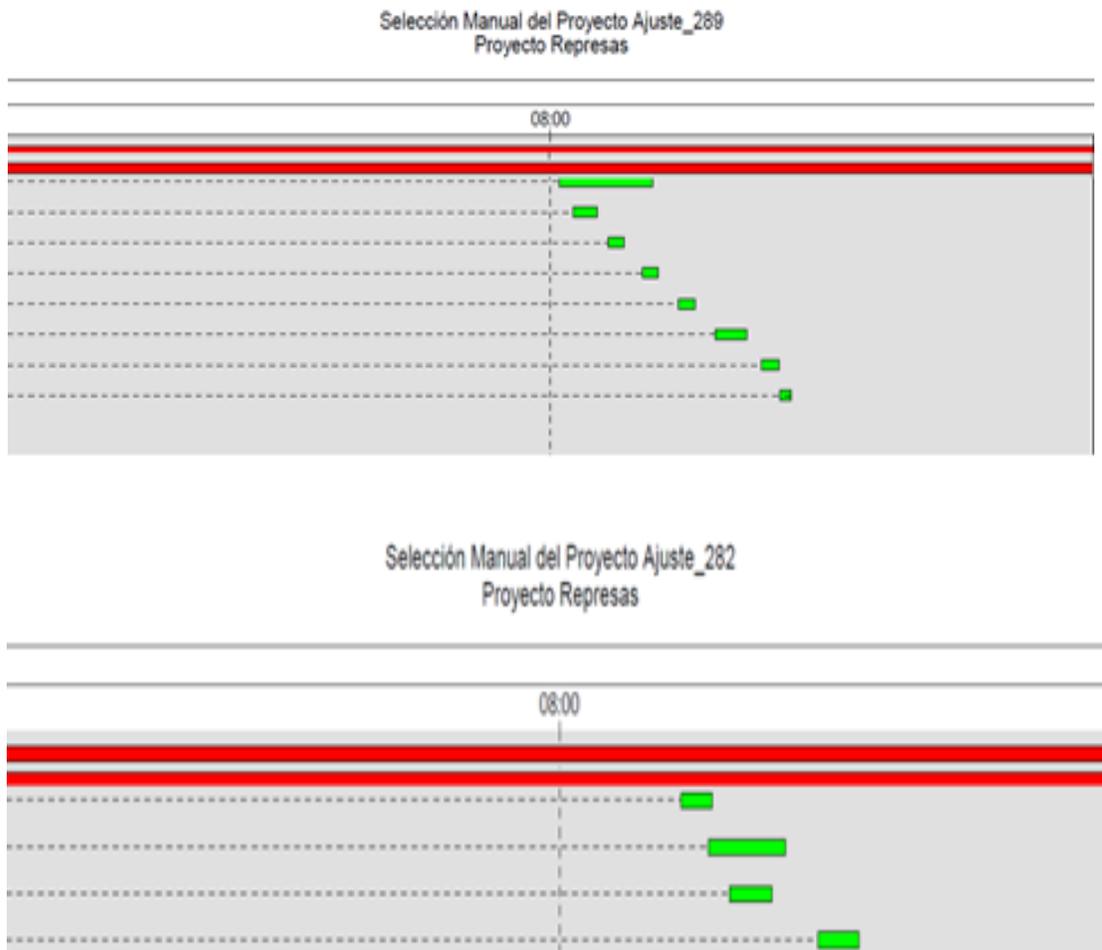


Figura 21  
Triangulación Diferencial Fuente Propia

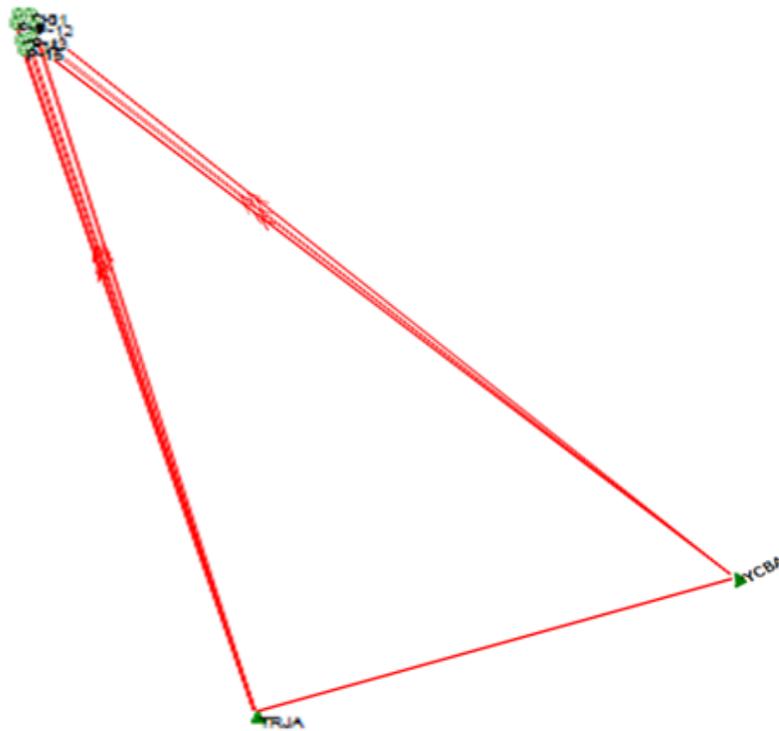
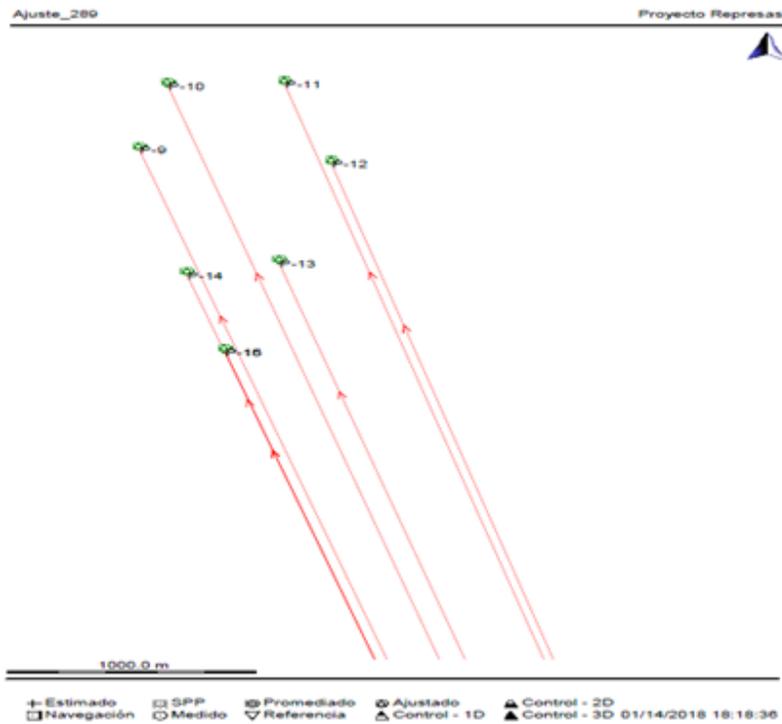


Figura 22  
Ajuste Diferencial Fuente Propia



Cada estación de proceso conto con 3 vectores según normas establecidas para Redes Geodésicas, dando como resultado de este proceso soluciones fijas. En el siguiente gráfico se muestra la calidad y los valores de las diluciones de precisión de las observaciones y su resolución de ambigüedades. Tanto en el HDOP, GDOP, VDOP y RMSE, MAE, BIAS, MAPE. etc. Y sobre todo cumplir la tolerancia de **error  $\pm 0.006 \text{ mm} \cdot 2\text{pp} \cdot \text{LB}$**

Figura 23  
Ajuste Diferencial y Post Proceso Fuente Propia

Satélites GPS inhabilitados manualmente (PRNs):	12	
Satélites GLONASS inhabilitados manualmente (Slot Id):		
<b>Coordenadas finales</b>		
	<b>Referencia:TRJA</b>	<b>Móvil:P-1</b>
Coordenadas:		
Latitud:	21° 32' 58.13791" S	21° 26' 52.73075" S
Longitud:	64° 42' 59.46981" W	64° 34' 44.26880" W
Alt Elip.:	1887.1790 m	2181.0461 m
Tipo de solución:	Phase: all fix	
Tipo GNSS:	GPS	
Frecuencia:	Sólo L1	
Ambigüedad:	Si	
Calidad:	Desv. Est. Lat: 0.0005 m	Desv. Est. Lon: 0.0005 m
	Q Posic.: 0.0007 m	Desv. Est. Alt.: 0.0015 m
		Desv. Est. geom.: 0.0005 m

Con los resultados obtenidos en la RED GEODÉSICA de los cuatro embalses se puede afirmar que la categoría de la red es de Clase B

Figura 24  
Jerarquía de La Red Geodésica Embalses.



**Resultados y Discusión :** Monografías de campo GPS( Libretas GPS de las 20 estaciones observadas.

Figura 25.-  
Monografías de campo GPS – LH4 Fuente Propia



Figura 26.-  
Monografías de campo GPS – LH9 Fuente Propia



Figura 27.-  
Monografías de campo GPS – LH4 Fuente Propia



Figura 28.-  
Monografías de campo GPS – LH-18 Fuente Propia

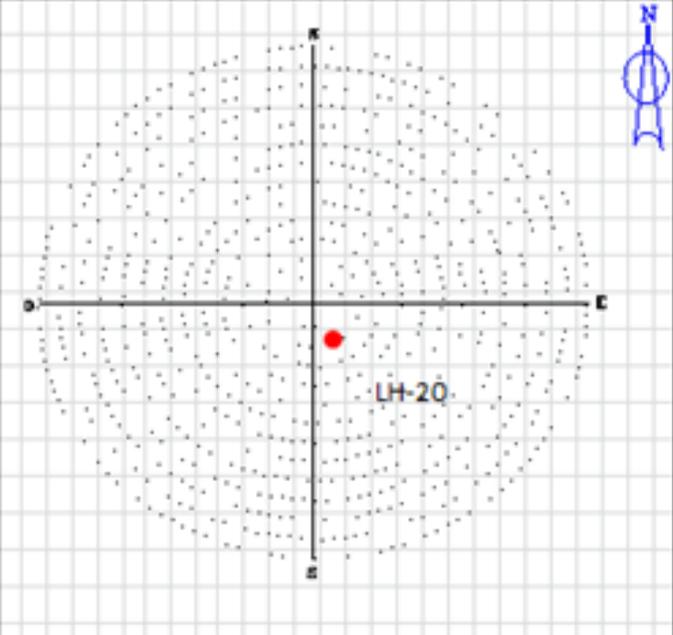


Figura 29.-  
Monografías de campo GPS - LH-20 Fuente Propia



## ANEXO "A" MONOGRAFÍA Y DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS GPS RED GEODÉSICA REPRESA HONDURAS



PROYECTO: DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ACTUAL DE ALMACENAMIENTO EN CUATRO EMBALSES EN EL DEPARTAM															
OPERADOR: UAJMS - DPTO- HIDROLOGIA					FECHA: 04/10/2017					SEMANA GPS: 15.210			DÍA JULIANO: 282		
<b>UBICACIÓN</b>															
DPTO: TARAJA			PROV: CERCADO			MUNICIPIO:			PRIMERA			N° SESIÓN: 2			
<b>INFORMACIÓN DE LA OBSERVACIÓN</b>															
DATUM	ZONA GEOG.	ALTURA ANTENA (m.)	COORDENADAS GEODÉSICAS						ALTURA		INFORMACIÓN GDOP				
			LATITUD (S)			LONGITUD (V)			ELIP. (m.)	ORTOM (m.)	GDOP	PDOP	HDOP	VDOP	TDOP
WGS-84	20	2.000	21	22	45.48	64	47	15.83	2138.376	2100.7102	2.9	2.5	1.1	2.2	2.8
<b>MONOGRAFÍA DEL PUNTO</b>															
INSCRIPCIÓN: LAB-H-4			VISIBLE			SI	X	NO	MATERIAL: CONCRETO			PLACA: BRONCE			
<b>FOTOGRAFÍA</b>								<b>DIAGRAMA DE OBSTRUCCIÓN</b>							
															
								Punto GPS - LH-20 sin Obstrucción , Máscara de elevación 15 grados							
DIA 282 Calderas			DIA 289 Huacata			DIA 304 Honduras			DIA 318 Molino						

Datos en formato digital del ajuste de observaciones GPS (Crudos y Rinex).

Figura 30.-  
Reporte de ajuste Fuente Propia



**Resumen de procesamiento**  
**Ajuste\_289**

**Información del proyecto**

Nombre del proyecto: Ajuste\_289  
 Fecha de creación: 01/11/2018 22:54:39  
 Huso horario: -4h 00'  
 Administrador: UAJMS  
 Cliente: UAJMS  
 Sistema de coordenadas: 84-wgs-ok  
 Programa de aplicación: LEICA Geo Office 5.0  
 Fecha y hora de inicio: 10/16/2017 08:11:31  
 Fecha y hora de término: 10/16/2017 13:19:01  
 Puntos ocupados manualmente: 8  
 Kernel de procesamiento: PSI-Pro 2.0  
 Procesado: 01/14/2018 18:00:58

**Parámetros de procesamiento**

Parámetros	Selección
Ángulo de elevación:	15°
Tipo de efemérides:	Transmitidas
Tipo de solución:	Automático
Tipo GNSS:	Automático
Frecuencia:	Automático
Fijar ambigüedades hasta:	80 km
Duración mínima para solución flotante (estático):	5' 00"
Intervalo de muestreo:	Usar todas
Modelo troposférico:	Hopfield
Modelo ionosférico:	Automático
Emplear modelo estocástico:	SI
Dist. mínima:	8 km
Actividad ionosférica:	Automático

**Inf. general de línea base**

TRJA - P-9	Referencia: TRJA	Móvil: P-9
Tipo de receptor / N/S:	TRIMBLENETRS / 4706128322	ComNav / 3102214
Tipo de antena / N/S:	TRM41249.00 / 60091281	DESCONOCIDO / -
Altura de antena:	0.0000 m	1.5000 m
Coordenadas:		
Latitud:	21° 32' 58.13791" S	21° 14' 14.66127" S
Longitud:	64° 42' 59.46981" W	64° 48' 34.56875" W
Alt Elip.:	1887.1790 m	2840.3999 m
Tipo de solución:	Phase: all fix	
Tipo GNSS:	GPS	
Frecuencia:	Sólo L1	
Ambigüedad:	SI	
Intervalo de observación:	10/16/2017 08:11:31 - 10/16/2017 10:14:31	
Duración:	2h 03' 00"	
Calidad:	Desv. Est. Lat: 0.0006 m    Desv. Est. Lon: 0.0006 m    Desv. Est. Alt.: 0.0014 m	
	Q Posic.: 0.0008 m    Desv. Est. geom.: 0.0006 m	
Vector de línea base:	DLat: 0° 18' 43.47664"    DLon: -0° 05' 35.09894"    DAlt: 953.2209 m	
	Geométrica: 35902.6136 m	
DOPs (min-máx):	GDOP: 2.1 - 5.2    HDOP: 0.9 - 1.9    VDOP: 1.6 - 3.8	
	PDOP: 1.9 - 4.2	
TRJA - P-10	Referencia: TRJA	Móvil: P-10
Tipo de receptor / N/S:	TRIMBLENETRS / 4706128322	ComNav / 3102247
Tipo de antena / N/S:	TRM41249.00 / 60091281	DESCONOCIDO / -
Altura de antena:	0.0000 m	2.6000 m
Coordenadas:		
Latitud:	21° 32' 58.13791" S	21° 14' 00.72211" S
Longitud:	64° 42' 59.46981" W	64° 48' 30.40374" W
Alt Elip.:	1887.1790 m	2836.4548 m
Tipo de solución:	Flotante	
Tipo GNSS:	GPS	
Frecuencia:	Sólo L1	
Ambigüedad:	No	

Intervalo de observación: 10/10/2017 05:29:31 - 10/10/2017 09:02:01  
 Duración: 32' 30"  
 Calidad: Desv. Est. Lat: 0.0073 m Desv. Est. Lon: 0.0107 m Desv. Est. Alt.: 0.0124 m  
 Q Posic.: 0.0129 m Desv. Est. geom.: 0.0090 m  
 Vector de línea base: DLat: 0° 18' 57.41580" DLon: -0° 05' 30.93393" DAlt: 949.2758 m  
 Geométrica: 36283.8977 m  
 DOPs (mín-máx): GDOP: 2.1 - 5.8 PDOP: 1.9 - 5.0 HDOP: 0.9 - 2.9 VDOP: 1.7 - 4.5  
**TRJA - P-11** Referencia: **TRJA** Móvil: **P-11**  
 Tipo de receptor / N/S: TRIMBLENETRS / 4706128322 ComNav / 3102247  
 Tipo de antena / N/S: TRM41249.00 / 60091281 DESCONOCIDO / -  
 Altura de antena: 0.0000 m 2.6000 m  
 Coordenadas: Latitud: 21° 32' 58.13791" S 21° 14' 00.52970" S  
 Longitud: 64° 42' 59.46981" W 64° 48' 14.05339" W  
 Alt Elip.: 1887.1790 m 2840.6324 m  
 Tipo de solución: Phase: all fix  
 Tipo GNSS: GPS  
 Frecuencia: Sólo L1  
 Ambigüedad: Sí

Listado de Coordenadas de los 20 puntos GPS en el sistema WGS\_84 en sus tres componentes(Cartesianas, Geodésicas, Planas)

Figura 31. Coordenadas ajustadas por día juliano Fuente Propia

Puntos del proyecto: Ajuste\_289 (Sistema de coord.: 84-wgs-ok, Unidades: m)  
 Proyecto Represas

Id de punto	Clase de punto	Fecha/Hora	X	Y	Z	Ond. geoidal	Pos. + Q Alt.
TRJA	Control	10/15/2017 19:59:46	2535567.3428	-5368039.4206	-2328780.9379	36.6319	0.0000
YCBA	Control	10/15/2017 19:59:46	2623233.4157	-5303044.7730	-2376415.9896	25.2465	0.0000
P-10	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	2532760.7886	-5384450.6329	-2296542.5043	38.0073	0.1789
P-11	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	2533190.1698	-5384255.3109	-2296538.4987	37.9680	0.0359
P-12	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	2533272.9088	-5384005.3405	-2297039.8370	37.9482	0.0692
P-13	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	2532972.8662	-5383877.3387	-2297658.9182	37.9606	0.0352
P-14	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	2532619.3714	-5384009.5809	-2297726.8473	37.9914	0.0254
P-15	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	2532674.7924	-5383778.6375	-2298210.8844	37.9744	0.0341
P-16	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	2532674.3739	-5383778.8637	-2298210.9838	37.9745	0.3376
P-9	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	2532587.5072	-5384364.5282	-2296943.7096	38.0137	0.0157

Puntos del proyecto: Ajuste\_289 (Sistema de coord.: 84-wgs-ok, Unidades: m)  
 Proyecto Represas

Id de punto	Clase de punto	Fecha/Hora	Latitud	Longitud	Alt. Elip.	Alt. Ortom.
YCBA	Control	10/15/2017 19:59:46	22°01'01.57033" S	63°40'47.94458" W	659.6521	634.4056
TRJA	Control	10/15/2017 19:59:46	21°32'58.13791" S	64°42'59.46981" W	1887.1790	1850.5471
P-10	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	21°14'00.72211" S	64°48'30.40374" W	2836.4548	2798.4475
P-14	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	21°14'42.00618" S	64°48'28.33189" W	2837.3996	2799.4082
P-15	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	21°14'58.85140" S	64°48'23.18538" W	2840.0285	2802.0541
P-16	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	21°14'58.85410" S	64°48'23.20185" W	2840.0892	2802.1147
P-9	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	21°14'14.66127" S	64°48'34.56875" W	2840.3999	2802.3862
P-11	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	21°14'00.52970" S	64°48'14.05339" W	2840.6324	2802.6644
P-13	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	21°14'39.58562" S	64°48'15.29155" W	2841.5071	2803.5465
P-12	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	21°14'17.96469" S	64°48'07.76917" W	2844.2273	2806.2791

Puntos del proyecto: Ajuste\_289 (Sistema de coord.: 84-wgs-ok, Unidades: m)  
 Proyecto Represas

Id de punto	Clase de punto	Fecha/Hora	X local	Y local	Alt. Elip.	Alt. Ortom.	Ond. geoidal
YCBA	Control	10/15/2017 19:59:46	429818.6414	7565123.8654	659.6521	634.4056	25.2465
TRJA	Control	10/15/2017 19:59:46	322245.7000	7616059.4137	1887.1790	1850.5471	36.6319
P-10	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	312321.1665	7650933.2141	2836.4548	2798.4475	38.0073
P-14	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	312395.4259	7649664.2197	2837.3996	2799.4082	37.9914
P-15	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	312549.7332	7649147.8469	2840.0285	2802.0541	37.9744
P-16	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	312549.2594	7649147.7586	2840.0892	2802.1147	37.9745
P-9	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	312205.9758	7650503.1462	2840.3999	2802.3862	38.0137
P-11	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	312792.5550	7650944.5162	2840.6324	2802.6644	37.9680
P-13	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	312770.5599	7649742.9589	2841.5071	2803.5465	37.9606
P-12	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	312675.8205	7650415.9785	2844.2273	2806.2791	37.9482

Figura 32.  
Coordenadas Planas ajustadas 4 embalses Fuente Propia

LISTA DE COORDENADAS PLANAS UTM 4 EMBALSES									
Id Punto	Clase Punto	Fecha/hora	Coord. Este	Coord. Norte	Alt. Elipsoidal	Alt. Ortométrica	Ondulación Geoidal	Día Juliano	Embalse
TRIA	Control	10/08/2017 19:59	322245.700	7616059.414	1887.179	1850.5471	36.6319		282 Calderas
P-3	Ajustado	01/12/2018 21:19	336244.313	7627672.534	2177.2469	2141.8379	35.409		282 Calderas
P-4	Ajustado	01/12/2018 21:19	336108.517	7626926.935	2179.8332	2144.4259	35.4073		282 Calderas
P-2	Ajustado	01/12/2018 21:19	336452.437	7627225.09	2180.7583	2145.3804	35.3779		282 Calderas
P-1	Ajustado	01/12/2018 21:19	336379.552	7627447.262	2181.0461	2145.6559	35.3902		282 Calderas
YCBA	Control	10/15/2017 19:59:46	429818.641	7565123.865	659.6521	634.4056	25.2465		289 Huacata
TRIA	Control	10/15/2017 19:59:46	322245.700	7616059.414	1887.179	1850.5471	36.6319		289 Huacata
P-10	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	312321.167	7650933.214	2836.4548	2798.4475	38.0073		289 Huacata
P-14	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	312395.426	7649664.22	2837.3996	2799.4082	37.9914		289 Huacata
P-15	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	312549.733	7649147.847	2840.0285	2802.0541	37.9744		289 Huacata
P-16	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	312549.259	7649147.759	2840.0892	2802.1147	37.9745		289 Huacata
P-9	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	312205.976	7650503.146	2840.3999	2802.3862	38.0137		289 Huacata
P-11	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	312792.555	7650944.516	2840.6324	2802.6644	37.968		289 Huacata
P-13	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	312770.560	7649742.959	2841.5071	2803.5465	37.9606		289 Huacata
P-12	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	312979.869	7650410.376	2844.2273	2806.2791	37.9482		289 Huacata
TRIA	Control	10/30/2017 19:59:46	322245.700	7616059.414	1887.179	1850.5471	36.6319		304 Honduras
P-3	Ajustado	01/11/2018 22:32	314722.152	7634442.199	2145.6006	2107.9452	37.6554		304 Honduras
P-1	Ajustado	01/11/2018 22:32	315048.113	7634614.102	2141.9866	2104.3581	37.6285		304 Honduras
P-4	Ajustado	01/11/2018 22:32	314654.599	7634818.876	2138.3761	2100.7102	37.6659		304 Honduras
P-2	Ajustado	01/11/2018 22:32	314813.719	7634840.777	2138.6907	2101.0387	37.652		304 Honduras
TRIA	Control	01/09/2018 22:28	322245.700	7616059.414	1887.179	1850.5471	36.6319		318 Molino
P-17	Ajustado	01/14/2018 18:35:56	293106.854	7617070.235	3580.0154	3540.7083	39.3071		318 Molino
P-18	Ajustado	01/14/2018 18:35:56	293385.824	7617238.744	3587.4662	3548.1788	39.2874		318 Molino
P-19	Ajustado	01/14/2018 18:35:56	293316.942	7616627.974	3578.2561	3538.967	39.2891		318 Molino
P-20	Ajustado	01/14/2018 18:35:56	293493.115	7616778.854	3578.0889	3538.812	39.2769		318 Molino

Figura 33.  
Coordenadas Geodésicas ajustadas Fuente Propia

LISTA DE COORDENADAS GEODESICAS 4 EMBALSES									
Id Punto	Clase Punto	Fecha/hora	Latitud	Longitud	Alt. Elipsoidal	Alt. Ortométrica	Ondulación Geoidal	Día Juliano	Embalse
TRIA	Control	10/08/2017 19:59	21° 32' 58.13791" S	64° 42' 59.46981" W	1887.179	1850.5471	36.6319		282 Calderas
P-3	Ajustado	01/12/2018 21:19	21° 26' 45.36190" S	64° 34' 48.88681" W	2177.2469	2141.8379	35.409		282 Calderas
P-4	Ajustado	01/12/2018 21:19	21° 27' 09.55986" S	64° 34' 53.86446" W	2179.8332	2144.4259	35.4073		282 Calderas
P-2	Ajustado	01/12/2018 21:19	21° 26' 59.97837" S	64° 34' 41.81521" W	2180.7583	2145.3804	35.3779		282 Calderas
P-1	Ajustado	01/12/2018 21:19	21° 26' 52.73075" S	64° 34' 44.26880" W	2181.0461	2145.6559	35.3902		282 Calderas
YCBA	Control	10/15/2017 19:59:46	22° 01' 01.57033" S	63° 40' 47.94458" W	659.6521	634.4056	25.2465		289 Huacata
TRIA	Control	10/15/2017 19:59:46	21° 32' 58.13791" S	64° 42' 59.46981" W	1887.179	1850.5471	36.6319		289 Huacata
P-9	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	21° 14' 14.66127" S	64° 48' 34.56875" W	2840.3999	2802.3862	38.0137		289 Huacata
P-10	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	21° 14' 00.72211" S	64° 48' 30.40374" W	2836.4548	2798.4475	38.0073		289 Huacata
P-11	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	21° 14' 00.52970" S	64° 48' 14.05339" W	2840.6324	2802.6644	37.968		289 Huacata
P-12	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	21° 14' 17.96469" S	64° 48' 07.76917" W	2844.2273	2806.2791	37.9482		289 Huacata
P-13	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	21° 14' 39.58562" S	64° 48' 15.29155" W	2841.5071	2803.5465	37.9606		289 Huacata
P-14	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	21° 14' 42.00618" S	64° 48' 28.33189" W	2837.3996	2799.4082	37.9914		289 Huacata
P-15	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	21° 14' 58.85140" S	64° 48' 23.18538" W	2840.0285	2802.0541	37.9744		289 Huacata
P-16	Ajustado	01/14/2018 18:02:27	21° 14' 58.85410" S	64° 48' 23.20185" W	2840.0892	2802.1147	37.9745		289 Huacata
TRIA	Control	10/30/2017 19:59:46	21° 32' 58.13791" S	64° 42' 59.46981" W	1887.179	1850.5471	36.6319		304 Honduras
P-1	Ajustado	01/11/2018 22:32	21° 22' 52.28452" S	64° 47' 02.24798" W	2141.9866	2104.3581	37.6285		304 Honduras
P-2	Ajustado	01/11/2018 22:32	21° 22' 44.82850" S	64° 47' 10.29460" W	2138.6907	2101.0387	37.652		304 Honduras
P-3	Ajustado	01/11/2018 22:32	21° 22' 57.75280" S	64° 47' 13.63032" W	2145.6006	2107.9452	37.6554		304 Honduras
P-4	Ajustado	01/11/2018 22:32	21° 22' 45.48169" S	64° 47' 15.82642" W	2138.3761	2100.7102	37.6659		304 Honduras
TRIA	Control	01/09/2018 22:28	21° 32' 58.13791" S	64° 42' 59.46981" W	1887.179	1850.5471	36.6319		318 Molino
P-17	Ajustado	01/14/2018 18:35:56	21° 32' 13.99863" S	64° 59' 51.57096" W	3580.0154	3540.7083	39.3071		318 Molino
P-18	Ajustado	01/14/2018 18:35:56	21° 32' 08.63704" S	64° 59' 41.80362" W	3587.4662	3548.1788	39.2874		318 Molino
P-19	Ajustado	01/14/2018 18:35:56	21° 32' 28.46236" S	64° 59' 44.46830" W	3578.2561	3538.967	39.2891		318 Molino
P-20	Ajustado	01/14/2018 18:35:56	21° 32' 23.63103" S	64° 59' 38.28018" W	3578.0889	3538.812	39.2769		318 Molino

Figura 34.  
Coordenadas Cartesianas ajustadas Fuente Propia

**LISTA DE COORDENADAS CARTESIANAS 4 EMBALSES**

Id Punto	Clase Punto	Fecha/hora	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z	Ondulacion Geoidal	Día Juliano	Embalse
TRJA	Control	10/08/2017 19:59	2535567.34	-5368039.421	-2328780.938	36.6319		282 Calderas
P-1	Ajustado	01/12/2018 21:19	2550333.61	-5365904.666	-2318428.543	35.3902		282 Calderas
P-2	Ajustado	01/12/2018 21:19	2550362.32	-5365800.442	-2318635.981	35.3779		282 Calderas
P-3	Ajustado	01/12/2018 21:19	2550247.53	-5366033.441	-2318216.135	35.409		282 Calderas
P-4	Ajustado	01/12/2018 21:19	2550002.22	-5365851.265	-2318910.015	35.4073		282 Calderas
TRJA	Control	10/15/2017 19:59	2535567.34	-5368039.421	-2328780.938	36.6319		289 Huacata
YCBA	Control	10/15/2017 19:59	2623233.42	-5303044.773	-2376415.99	25.2465		289 Huacata
P-9	Ajustado	01/14/2018 18:02	2532587.51	-5384364.528	-2296943.71	38.0137		289 Huacata
P-10	Ajustado	01/14/2018 18:02	2532760.79	-5384450.633	-2296542.504	38.0073		289 Huacata
P-11	Ajustado	01/14/2018 18:02	2533190.17	-5384255.311	-2296538.499	37.968		289 Huacata
P-12	Ajustado	01/14/2018 18:02	2533272.91	-5384005.341	-2297039.837	37.9482		289 Huacata
P-13	Ajustado	01/14/2018 18:02	2532972.87	-5383877.339	-2297658.918	37.9606		289 Huacata
P-14	Ajustado	01/14/2018 18:02	2532619.37	-5384009.581	-2297726.847	37.9914		289 Huacata
P-15	Ajustado	01/14/2018 18:02	2532674.79	-5383778.638	-2298210.884	37.9744		289 Huacata
P-16	Ajustado	01/14/2018 18:02	2532674.37	-5383778.864	-2298210.984	37.9745		289 Huacata
TRJA	Control	10/30/2017 19:59	2535567.34	-5368039.421	-2328780.938	36.6319		304 Honduras
P-1	Ajustado	01/11/2018 22:32	2532254.29	-5377405.681	-2311527.259	37.6285		304 Honduras
P-2	Ajustado	01/11/2018 22:32	2532078.83	-5377577.346	-2311312.449	37.652		304 Honduras
P-3	Ajustado	01/11/2018 22:32	2531932.85	-5377492.961	-2311685.237	37.6554		304 Honduras
P-4	Ajustado	01/11/2018 22:32	2531931.36	-5377638.359	-2311331.047	37.6659		304 Honduras
TRJA	Control	01/09/2018 22:28	2535567.34	-5368039.421	-2328780.938	36.6319		318 Molino
P-17	Ajustado	01/14/2018 18:35	2510073.29	-5382295.294	-2328139.274	39.3071		318 Molino
P-18	Ajustado	01/14/2018 18:35	2510356.69	-5382237.601	-2327988.53	39.2874		318 Molino
P-19	Ajustado	01/14/2018 18:35	2510188.86	-5382059.275	-2328552.652	39.2891		318 Molino
P-20	Ajustado	01/14/2018 18:35	2510373.34	-5382033.296	-2328414.295	39.2769		318 Molino

Informe y estructura de datos geospaciales del proceso y ajuste de la RED GEODÉSICA de los 4 embalses

- Información digital en DVD de toda la estructura digital de la información obtenida para la RED GEODÉSICA tal como muestra el gráfico siguiente.

Figura 35.  
Estructura Digital Fuente Propia



- **Plano de la RED GEODÉSICA en formato digital e impreso.**

Figura 36.  
Plano Represa Calderas Fuente Propia

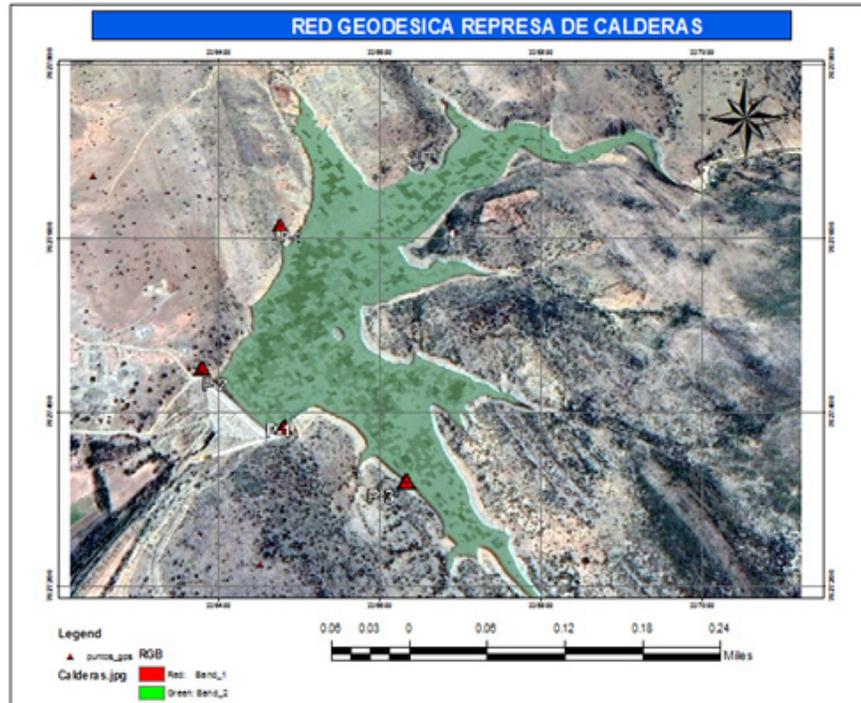


Figura 37.  
Plano Represa Huacata Fuente Propia

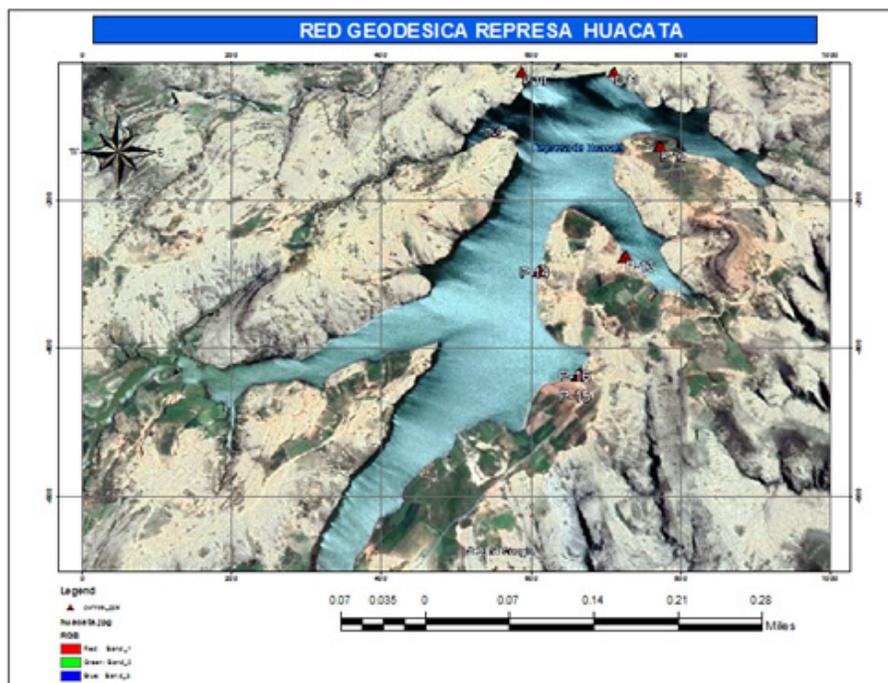
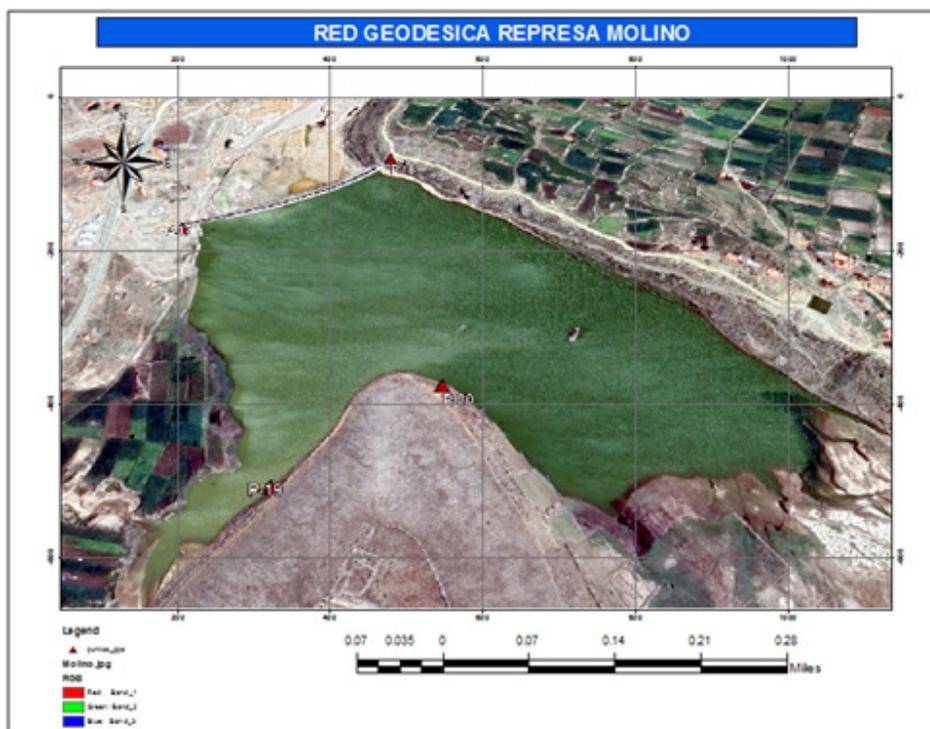


Figura 38.  
Plano Represa Honduras Fuente Propia



Figura 39.  
Plano Represa Molino Fuente Propia



## Conclusiones

El proyecto del diseño y establecimiento de la red geodésica se realizó de acuerdo a los términos establecidos en normas internacionales de redes geodésicas las cuales pueden ser sustentadas y refrendadas en campo

- La red Geodésica de los 4 embalses se encuentran referenciadas a la red MARGEN, época 2011.8, ITRF 2005 cuyo elipsoide de referencia es el WGS-84
- La materialización de los vértices geodésicos cumplen las normas establecidas en el diseño de redes geodésicas.
- Los valores de alturas sobre el nivel pueden ser verificados empleando el Modelo Geoidal Global EGM-96 que permite calcular las alturas ortométricas y la ondulación geoidal en esta zona aplicando la fórmula  $h = N+H$ , donde  $h$  es la altura elipsoidal;  $H$  la Ortométrica.
- Los tiempos de sesión para la red geodésica superan las 2 horas de observación.

## Recomendaciones

- De carácter prioritario es necesario realizar de por lo menos cada 5 años la actualización de las observaciones de la Red Geodésica de los 4 embalses. Debido a la dinámica del núcleo de la tierra y su generación del movimiento en las placas tectónicas y ver el desplazamiento que estas causan.
- En función de los valores de velocidades calculados para las estaciones MARGEN – ROC s pueden actualizar anualmente las coordenadas de la Red Geodésica..
- Se recomienda que a futuro como proyecto de monitoreo de la Red Geodésica determiné sus valores de velocidad ( $V_x, V_y, V_z$ ) con valores de las velocidades de las estaciones de referencia Tarija, aplicando el modelo VEMOS2009. (Velocity Model for SIRGAS). La cual

se encuentra de manera gratuita y disponible en página [www.sirgas.org](http://www.sirgas.org). y aplicar las siguientes ecuaciones de velocidad:

- $X(t) = X(t_0) + (t - t_0) * V_X$
- $Y(t) = Y(t_0) + (t - t_0) * V_Y$
- $Z(t) = Z(t_0) + (t - t_0) * V_Z$

➤ Se recomienda la administración técnica y científica de la RED Geodésica de los embalses y a todos los profesionales de la Ciencia de la Geodesia debido a que están regulados por la ley 2997, 339, 1715 a efectos de tener una correcta aplicación de esta ciencia y no contravenir el artículo 167 del código penal Ejercicio Indebido de la profesión.

## Referencias Bibliográficas

- AMARO, V. E.; SANTOS, M.S.T; SOUTO, M. V.S. Geotecnologias aplicadas ao monitoramento costeiro: Sensoriamento Remoto e Geodésia de precisão.Natal: Editora Natal, 2012a. 120 p.
- SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas). 2012. Disponível em: <http://www.sirgas.org>. Acesso: 01 dez. 2018.
- SANTOS, M.S.T.; AMARO, V.E. Rede geodésica para o monitoramento costeiro do Litoral Setentrional do Estado do Rio Grande do Norte. Boletim de Ciências Geodésicas, v.17, n. 4, p.571-585, 2011.
- SANTOS, M.S.T.; AMARO, V.E.; SOUTO,M.V.S. 2011. Metodologia geodésica para levantamento de linha de costa e modelagem digital de elevação de praias arenosas em estudos de precisão de geomorfologia e dinâmica costeira. Revista Brasileira de Cartografia. v.63, edição especial Geodésia e Topografia.

# ART. 7

## DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL CHORIZO PARRILLERO DEL LABORATORIO TALLER DE ALIMENTOS (L.T.A)



# DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL CHORIZO PARRILLERO DEL LABORATORIO TALLER DE ALIMENTOS (L.T.A)

DETERMINATION OF THE SHELF LIFE OF "CHORIZO" SAUSAGE OF FOOD WORKSHOP LABORATORY (L.T.A)

**Olarte Pimentel Zandi Magali (1)**

maggi.94.mayli.4@gmail.com

**Ramírez Ruiz Erick (2)**

erickramirezruiz@yahoo.com.ar

Estudiante 1 y Docente 2 de la Carrera de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ciencia y Tecnología-UAJMS

## RESUMEN

El presente trabajo experimental fue desarrollado en el Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A) y en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID) de la Universidad Autónoma "Juan Misael Saracho".

La vida útil del chorizo parrillero del Laboratorio Taller de Alimentos se estimó mediante el análisis fisicoquímico, empleando el factor acidez y pH, como indicadores de deterioro; conjuntamente se realiza el análisis microbiológico y organoléptico. El producto se almacena a (1°C 88%HR), (3°C 90%HR), (4°C 83%HR) durante 29 días y tomando tres muestreos de lotes de producción. Los datos obtenidos mostraron una disminución constante de pH y aumento de acidez durante el tiempo de almacenamiento.

Realizada la evaluación sensorial de las muestras de chorizo parrillero al inicio del almacenamiento se evidencia que el producto es aceptable para el consumidor ya que tiene buen color, olor agradable y sabor característico; transcurrido 18 días del almacenamiento el producto presenta un color oscuro, olor un poco desagradable y sabor diferente.

El análisis microbiológico realizado en las tres muestras de chorizo parrillero al inicio y transcurridos 20 días del almacenamiento no arrojan resultados que estuvieran fuera de la Norma Boliviana (NB 310017). Sin embargo, a los 20 días del almacenamiento existe desarrollo de mohos y levaduras lo que indica descomposición del producto.

La cinética de reacción realizada para el factor de deterioro (pH) fue de orden uno, para las tres muestras (1°C, 3°C y 4°C) con una velocidad de reacción de (0,0101; 0,0111 y 0,0115) mol/g\*día. Con estas constantes y el modelo matemático de Arrhenius se obtuvo una energía de activación ( $E_A = 0,7857$  kJ/mol) y se determinó la relación de temperatura y velocidad de reacción con un valor  $Q_{10} = 2,22$  acelerando la reacción 2 veces más por cada 10°C que se aumente (El parámetro  $Q_{10}$  se define como la razón entre la vida anaquel a una temperatura T y la vida anaquel a una temperatura T+10). Por último, se obtiene que el deterioro del producto en función del factor de calidad limitante (pH) empieza a los 12 días almacenado a (1°C 88%HR).

## Palabras claves

chorizo parrillero, vida útil, cinética de reacción, pH.

## ABSTRACT

The present experimental work developed in the Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A) and in the Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID) "Analysis Center, Research and Development" of "JUAN MISAELE SARACHO UNIVERSITY".

The shelf life of the "chorizo" sausage of the Food Workshop Laboratory was estimated by the physicochemical analysis, using the factor acidity and pH, as indicators of deterioration; together the microbiological and organoleptic analysis is carried out. The product is stored at (1 °C 88% RH), (3 °C 90% RH), (4 °C 83% RH) for 29 days and taking three samplings of production batches. The data obtained showed a constant decrease of pH and increase of acidity during the storage time.

Once made the sensory evaluation of the samples of "chorizo" sausage at the beginning of the storage, it is evident that the product is acceptable for the consumer since it has good color, pleasant smell and characteristic flavor; After 18 days of storage, the product has a dark color, a slightly unpleasant odor and a different flavor.

The microbiological analysis carried out in the three samples of chorizo sausage at the beginning and after 20 days of storage do not yield results that were outside the Bolivian Standard (NB 310017). However, after 20 days of storage there is development of molds and yeasts which indicates decomposition of the product.

The reaction kinetics made for the (pH) deterioration factor was of order one, for the three samples (1 °C, 3 °C and 4

°C) with a reaction rate of (0,0101; 0,0111 and 0,0115) mol/g\*day. With these constants and the mathematical model of Arrhenius, an activation energy was obtained ( $E_A = 0.7557$  kJ / mol) and the relationship of temperature and reaction speed was determined with a value  $Q_{10} = 2,22$  accelerating the reaction 2 times more for every 10 °C that is increased (The parameter  $Q_{10}$  is defined as the ratio between shelf life at a temperature T and shelf life at a temperature T+10). Finally, it is obtained that the deterioration of the product as a function of the (pH) limiting quality factor begins at 12 days stored at (1 °C 88% RH).

## Key words:

"chorizo" sausage, shelf life, reaction kinetics, pH

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se enfoca en el estudio de vida útil del chorizo parrillero del Laboratorio Taller de Alimentos (LTA), el cual nos permitirá generar datos referentes a la fecha de vencimiento a través del análisis físicoquímico, microbiológico y organoléptico; con pruebas de durabilidad a nivel de laboratorio, siendo imprescindible para el buen control de calidad del producto.

La calidad de los alimentos es un estado dinámico que se mueve continuamente hacia niveles más bajos. Para cada alimento particular, hay un periodo de tiempo determinado, bajo determinadas condiciones de conservación. Este periodo se define como vida útil del alimento (Casp & Abril, 2003).

La vida en anaquel de los alimentos se ve influenciada

por las alteraciones de tipo (Labuza, 1999): sensorial, físico, microbiológico (Anderson, 1998) y químico; que pueden incluir pérdidas de las características organolépticas, valor nutritivo y su aspecto desagradable (Potter y Hotchkiss, 1999). Durante el almacenamiento y el deterioro de los alimentos, ocurren cambios por acción enzimática y desarrollo de bacterias. Estos cambios dependen de manera importante de la concentración de ion hidrogeno (pH), más que de la acidez titulable presente (Kirk et al, 1996).

La vida útil del producto refrigerado depende de las condiciones de temperatura, ya que el efecto integrado de tiempo y temperatura permite la proliferación de microorganismos alterantes el deterioro de la calidad sensorial y nutritiva (Piagentini, 2009).

Los cambios en la calidad de los alimentos pueden, en general, expresarse como una función de la composición de los mismos y de los factores ambientales (Casp & Abril, 2003).

$$\frac{dQ}{dt} = F(C_p E_j) \quad (\text{Ec. 1})$$

$C_p$ : Factores de composición, reacción, enzimas, pH, actividad de agua.

$E_j$ : Factores ambientales: temperatura, humedad relativa, luz, etc.

Para un orden de reacción cero se tiene que la vida útil es (Man, 2002):

$$t_p = \frac{Q_0 - Q_f}{k} \quad (\text{Ec. 2})$$

Para el orden de reacción uno se tiene que la vida útil es:

$$t_p = \frac{\ln Q_0 - \ln Q_f}{k} \quad (\text{Ec. 3})$$

La influencia de la temperatura sobre la constante de velocidad de la reacción se puede describir utilizando la ecuación desarrollada por Svante Arrhenius:

$$k = k_0 \exp \left[ -\frac{E_A}{RT} \right] \quad (\text{Ec. 4})$$

$k_0$ : Factor pre-exponencial (s<sup>-1</sup>)

$E_A$ : Energía de activación (kJ.mol<sup>-1</sup>)

R: Constante de los gases perfectos (kJ.mol<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>)

T: Temperatura en la escala absoluta (K)

El parámetro  $Q_{10}$  se define como la razón entre la vida anaquel a una temperatura T y la vida anaquel a una temperatura T+10. Para describir la relación entre la temperatura y la velocidad de reacción se calcula el valor  $Q_{10}$  (Casp & Abril, 2003).

$$Q_{10} = e^{10 \cdot a} \quad (\text{Ec. 5})$$

La evaluación sensorial en los alimentos, es una técnica de medición importante, como los métodos químicos, físicos y microbiológicos (Gastelum et al, 2009).

## MATERIALES Y METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

### Materiales

Para el almacenamiento de las muestras de chorizo parrillero se utilizó tres refrigeradores a temperaturas de 1°C, 3°C y 4°C, una estufa eléctrica para determinación de humedad y un pH-metro digital para determinación de pH y balanza analítica.

En la Tabla 1 se muestran los materiales y reactivos de laboratorio utilizados en el presente trabajo.

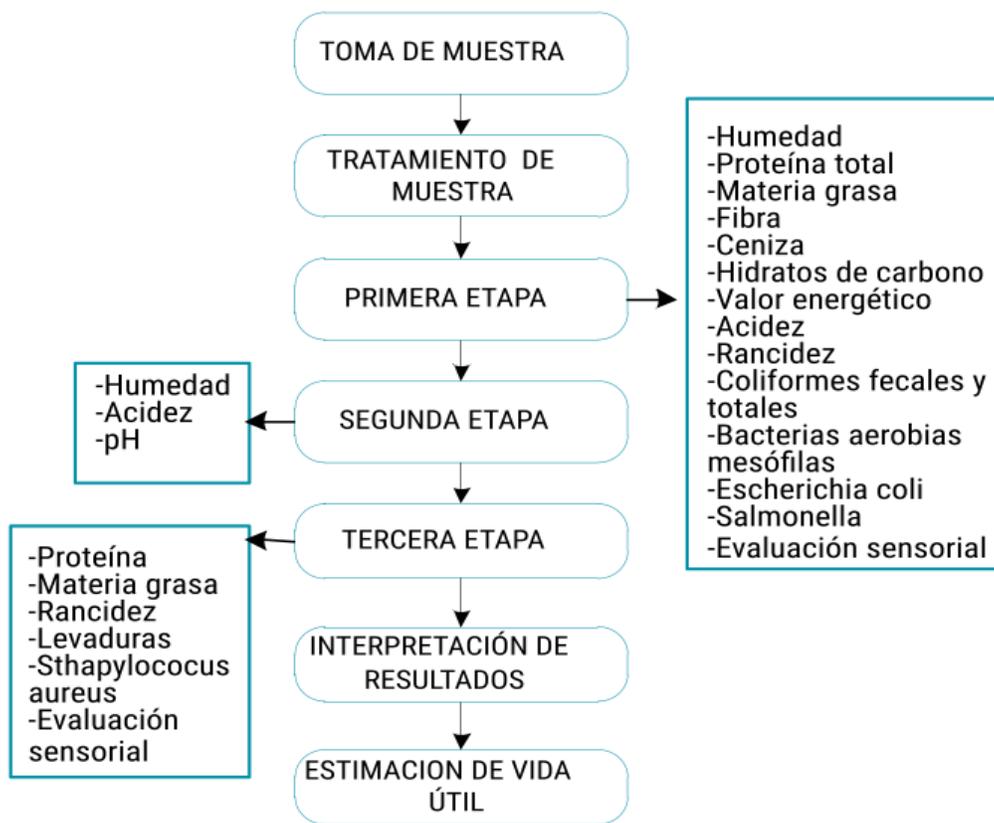
Tabla 1  
Materiales y reactivos de laboratorio

Materiales	Reactivos
Cápsulas de porcelana	Agua destilada
Desecador	Éter etílico 40%
Matraz aforado	Fluoroglucinol al 0,1%
Tubos de ensayo	Ácido clorhídrico 1 N
Matraz Erlenmeyer	Etanol 99%
Vasos precipitados	Hidróxido de sodio 0,1 N
	Fenolftaleína al 1%

## Metodología

En la **Figura 1** se describe el esquema lógico experimental para la determinación de vida útil del chorizo parrillero procedente del Laboratorio Taller de Alimentos (LTA).

Figura 1.  
Esquema lógico para la determinación de vida útil del chorizo parrillero del L.T.A

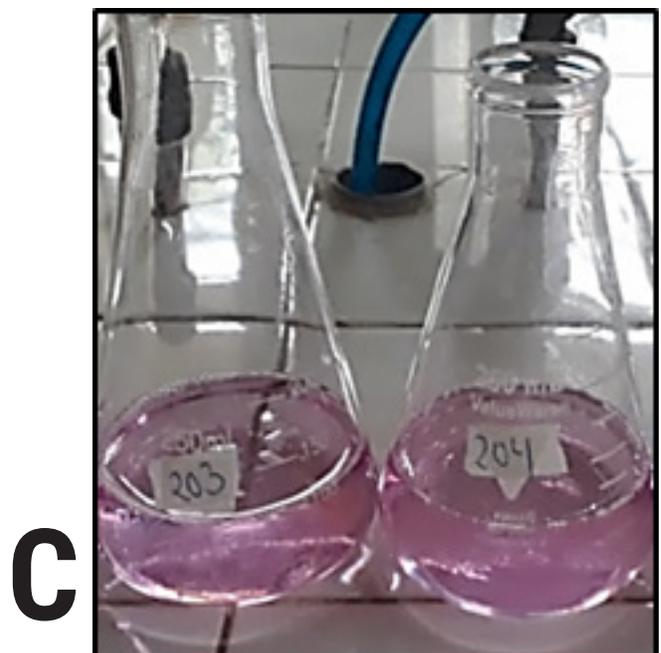
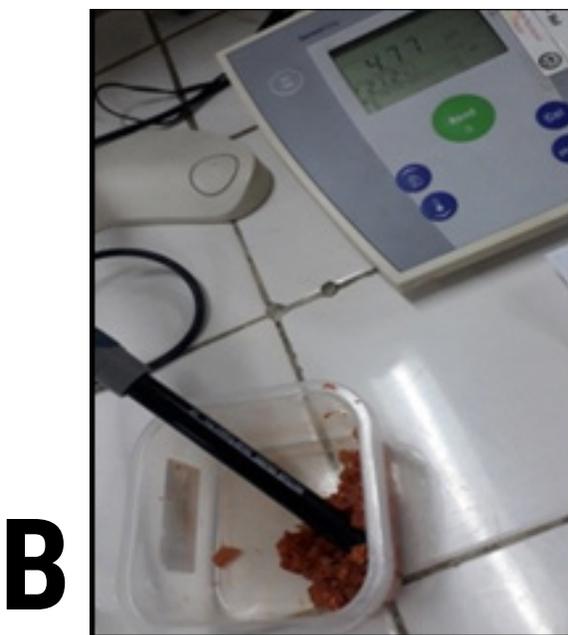


## Primera etapa

Se realiza los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y organolépticos del chorizo parrillero al comienzo del almacenamiento para determinar los parámetros bromatológicos (humedad, proteína, grasa, fibra, ceniza, hidratos de carbono, valor energético, acidez y rancidez) para verificar que el producto cumpla con los requisitos microbiológicos (coliformes fecales y totales, escherichia coli, bacterias aerobias mesófilas y salmonella); mediante la evaluación sensorial se evalúa las propiedades organolépticas.

## Segunda etapa

Se realizan los análisis de humedad "Figura A", pH "Figura B" y acidez "Figura C" en las tres muestras de chorizo parrillero por un tiempo de 29 días y en una secuencia de tres veces por semana, con el fin de controlar el grado de descomposición del producto.



## Tercera etapa

Se realiza los análisis complementarios finales de acuerdo a los factores que tienen mayor influencia sobre el deterioro y descomposición del producto (proteína, grasa, rancidez, mohos y levaduras, *Staphylococcus aureus*) con el fin de conocer las condiciones finales del producto almacenado, conjuntamente con la evaluación sensorial de los atributos tomados en cuenta.

## Metodología utilizada para la obtención de resultados

### Análisis fisicoquímicos

Se realizó los análisis fisicoquímicos (Tabla 2) del chorizo parrillero, debido a que es un producto crudo donde estas propiedades cambian en función del tiempo. Realizado en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID) y Laboratorio Taller de Alimentos (LTA).

Tabla 2.  
Análisis fisicoquímicos

Parámetro	Unidad	Técnica	Secuencia de análisis	Tiempo (días)
Acidez	%ácido láctico	NB 229	3 veces por semana	29
pH	Valor	NB 785		
Humedad	%	NB 379		
Rancidez	Pos/neg	NB 34009	Inicial y final	
Grasa	%	NB 313019		

### Análisis microbiológicos

La caracterización microbiológica inicial y transcurrido 20 días de almacenamiento del chorizo parrillero se realizó en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), dependiente de la UAJMS.

Tabla 3.  
Análisis microbiológicos

Parámetros	Método	Unidad	Secuencia de análisis
Aerobios mesófilos	NB 32003:05	UFC/g	Inicio
<i>Escherichia coli</i>	NB 32005:02	UFC/g	
Mohos y levaduras	NB 32006:03	UFC/g	20 días
<i>Staphylococcus aureus</i>	NB 32004:02	UFC/g	

Fuente: (CEANID, 2017)

## Análisis organolépticos

Se realizó la evaluación sensorial (Tabla 4) en el chorizo parrillero utilizando 17 jueces no entrenados, donde la calificación de los atributos color, olor, y sabor se realiza mediante un test de prueba descriptiva (Ureña y col., 1999) de escala hedónica.

Tabla 4.  
Análisis organolépticos

Atributos	Método	Secuencia de análisis
Color	Sensorial	Inicio, 11 días, 18 días
Olor	Sensorial	
Sabor	Sensorial	

## Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques (Ramírez, 2012) completamente al azar (DBCA), aplicado en la etapa de almacenamiento del chorizo parrillero y se estudia los efectos que tienen los cinco lotes (A, B, C, D, E), sobre el factor acidez del chorizo parrillero durante la primera, segunda, tercera, cuarta y quinta semana.

Tabla 5.  
Diseño experimental en el almacenamiento

Lote	Tiempo de almacenamiento (semanas)				
	1 <sup>ra</sup>	2 <sup>da</sup>	3 <sup>ra</sup>	4 <sup>ta</sup>	5 <sup>ta</sup>
A	Y <sub>A1</sub>	Y <sub>A2</sub>	Y <sub>A3</sub>	Y <sub>A4</sub>	Y <sub>A5</sub>
B	Y <sub>B1</sub>	Y <sub>B2</sub>	Y <sub>B3</sub>	Y <sub>B4</sub>	Y <sub>B5</sub>
C	Y <sub>C1</sub>	Y <sub>C2</sub>	Y <sub>C3</sub>	Y <sub>C4</sub>	Y <sub>C5</sub>
D	Y <sub>D1</sub>	Y <sub>D2</sub>	Y <sub>D3</sub>	Y <sub>D4</sub>	Y <sub>D5</sub>
E	Y <sub>E1</sub>	Y <sub>E2</sub>	Y <sub>E3</sub>	Y <sub>E4</sub>	Y <sub>E5</sub>

## RESULTADOS

### Análisis fisicoquímicos

En la Tabla 6 y Tabla 7 se muestran los resultados obtenidos de pH y acidez del chorizo parrillero almacenado a 1°C, 3°C y 4°C durante 29 días.

Tabla 6.  
pH del chorizo parrillero

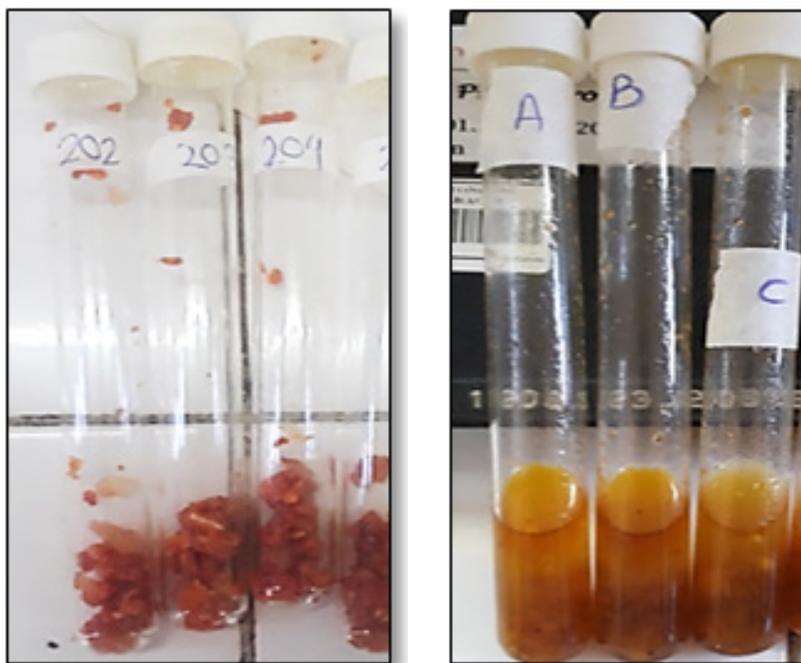
t(días)	pH		
	1°C	3°C	4°C
2	5,16	5,02	5
4	5,07	4,94	4,87
6	5,04	4,82	4,64
8	4,92	4,72	4,52
11	4,83	4,61	4,49
13	4,77	4,55	4,45
15	4,74	4,5	4,35
18	4,69	4,47	4,33
20	4,65	4,43	4,31
22	4,64	4,4	4,3
25	4,62	4,39	4,29
27	4,6	4,39	4,28
29	4,56	4,43	4,29

Tabla 7.  
Acidez del chorizo parrillero

t(días)	Ácido láctico (%)		
	1°C	3°C	4°C
2	0,4473	0,5362	0,6339
4	0,5343	0,6232	0,724
6	0,622	0,7102	0,7242
8	0,6234	0,7124	0,8147
11	0,6327	0,7237	0,8157
13	0,6337	0,7243	0,8328
15	0,6518	0,7692	0,9916
18	0,7244	0,8147	0,9958
20	0,7242	0,8239	1,0854
22	0,7261	0,9014	1,0857
25	0,765	0,9421	1,0861
27	0,7663	0,9504	1,0861
29	0,8143	0,9953	1,0866
39	0,9052	1,0831	1,1315

En la Figura 2 se observa los resultados del análisis de rancidez, realizado en las tres muestras de chorizo parrillero en el transcurso de 29 días de almacenamiento.

Figura 2.  
Rancidez del chorizo parrillero



La coloración amarilla indica un resultado de rancidez negativo, en este caso para las tres muestras de chorizo parrillero. Por tanto, se descarta la posibilidad del enranciamiento de las grasas en el producto al final del almacenamiento.

En la Tabla 8 se muestran los resultados de materia grasa, análisis realizado en el laboratorio CEANID, a los 29 días de almacenamiento en las tres muestras de chorizo parrillero.

Muestras	Grasa (%)	Valor límite		Referencia
		Min.	Máx.	
Inicial	14,88	—	30%	NB 310018*
1°C - 88%HR	13,99			
3°C - 90%HR	10,58			(IBNORCA, 2016)
4°C - 83%HR	10,92			
Donde: <i>Min= mínimo</i> <i>Máx. = máximo</i>				

Fuente: (CEANID, 2017); (NB 310018)\*

En la figura 3 se muestra la variación del porcentaje de materia grasa en el chorizo parrillero en función del tiempo. La Norma Boliviana (NB 310018), indica un valor máximo de 30% en porcentaje de grasa, valor que se tomó como referencia para el límite de control superior (LCS) en el análisis.

### Análisis microbiológicos

En la tabla 9 se muestran los resultados del análisis microbiológico del chorizo parrillero realizado al inicio y transcurrido 20 días de almacenamiento a condiciones distintas de temperatura y humedad relativa (1°C 88%HR, 3°C 90%HR y 4°C 83%HR).

Tabla 9.  
Análisis microbiológico

Parámetros	Almacenamiento (20 días)			Valor límite	
	1°C	3°C 90%HR	4°C 83%HR	Mín.	Máx.
	88% HR				
Escherichia coli	9,0x10 <sup>2</sup>			5,0x10 <sup>2</sup>	1,0x10 <sup>3</sup>
Mohos y levaduras	4,2x10 <sup>2</sup>	6,3x10 <sup>3</sup>	1,9x10 <sup>5</sup>	...	...
Staphylococcus aureus	<10(*)			1,0x10 <sup>3</sup>	1.0x10 <sup>4</sup>
Aerobias mesófilas	5,1x10 <sup>5</sup>			1,0x10 <sup>6</sup>	1,0x10 <sup>7</sup>

**Fuente:** (CEANID, 2017); (RIMH, 2017)

Se puede observar en la tabla 9 que los parámetros microbiológicos no arrojan resultados que estuvieran fuera de la Norma Boliviana (NB 310017), al inicio y transcurridos 20 días del almacenamiento. Sin embargo, el desarrollo de mohos y levaduras en el medio indican descomposición del producto lo cual está relacionado con la disminución del pH, que es característico de una carne en vía de putrefacción.

En la Figura 3 se muestra el análisis de mohos y levaduras, realizado en las tres muestras de chorizo parrillero según los resultados obtenidos en la tabla 7

Figura 3.  
Análisis de mohos y levaduras

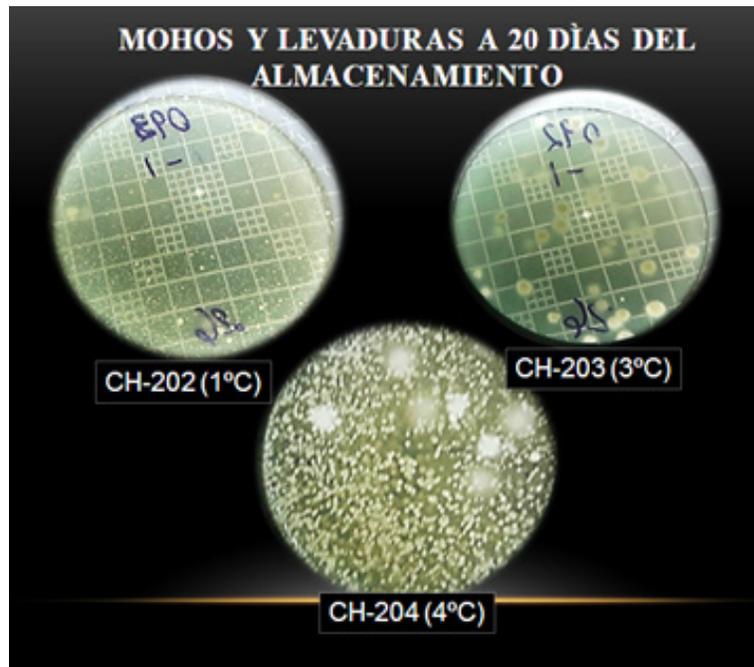
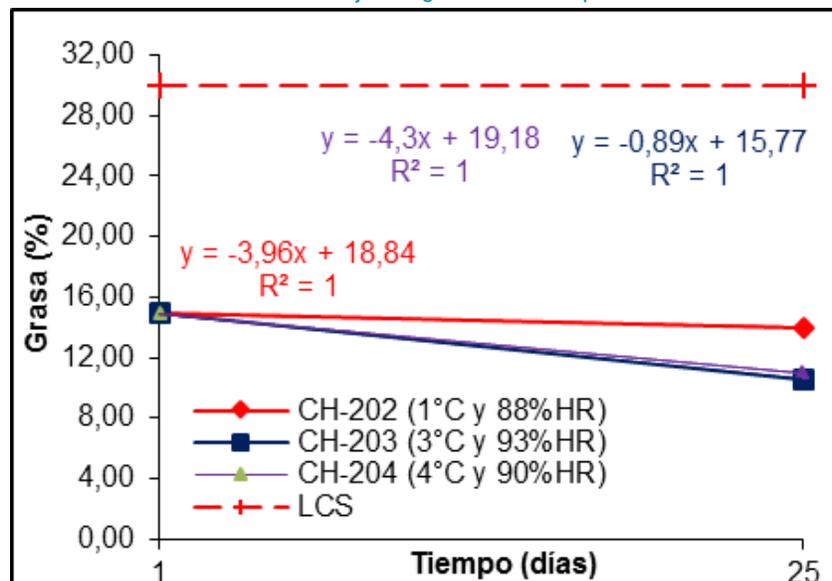


Figura 4.  
Porcentaje de grasa vs tiempo



Como se puede observar en la Figura 4, el primer día de almacenamiento el chorizo parrillero; empieza con 14,88% en porcentaje de grasa; transcurrido 29 días de almacenamiento el porcentaje de grasa disminuye para las muestras CH-204, CH-203 y CH-202 con un valor de 9,67%; 10,58%; 10,92% y 13,99% respectivamente.

## Análisis organolépticos

Se realizó la evaluación sensorial de los atributos color y olor en las muestras de chorizo parrillero crudo (Figura 5 y Figura 6) y atributo sabor en las muestras de chorizo parrillero cocido (Figura 7).

Figura 5.  
Atributo color

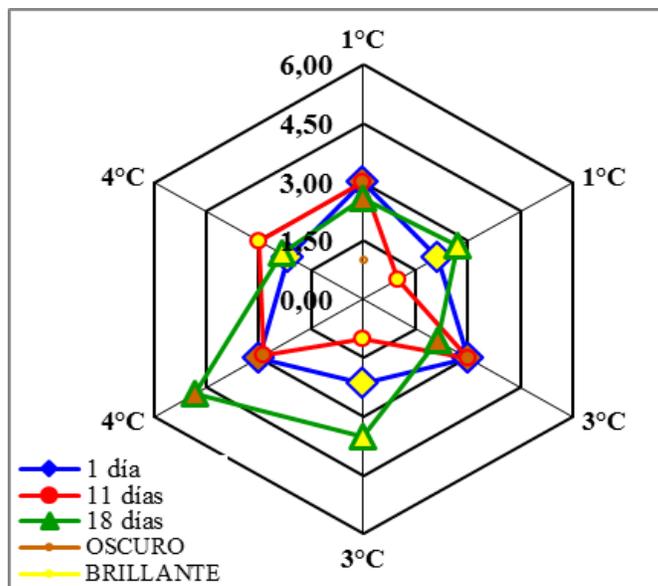
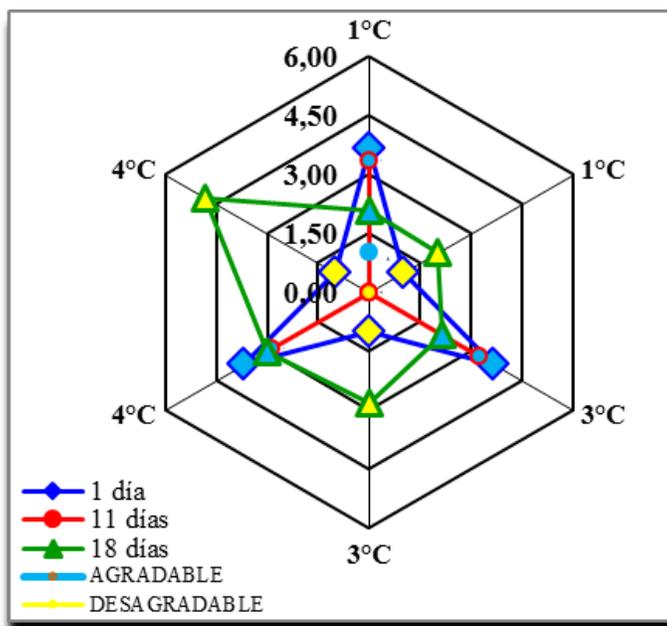


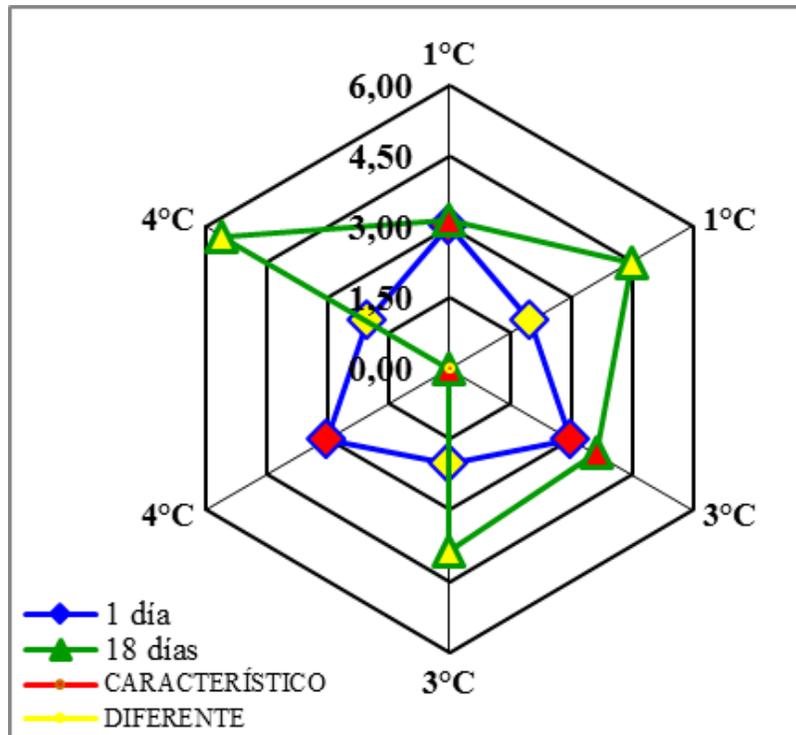
Figura 5 indica transcurrido 18 días la muestra almacenada a 4°C tiene un promedio de 4,82 en el atributo color (oscuro) y la muestra almacenada a 1°C y 3°C tienen un promedio de 2,71 y 3,50 en el atributo color (brillante).

Figura 6.  
Atributo olor



La Figura 6 indica que a los 18 días del almacenamiento la muestra almacenada a 1°C tiene un puntaje de 2,07 en el atributo olor (agradable); sin embargo, las muestras almacenadas a 3°C y 4°C tienen un puntaje de 2,80 y 4,83 en atributo olor (desagradable) en escala hedónica.

Figura 7.  
Atributo sabor



La Figura 7 indica que transcurrido 18 días del almacenamiento las tres muestras de chorizo parrillero tienen mayor puntaje en el atributo sabor (diferente) con un valor promedio de 3,85; 4,50 y 4,60 respectivamente.

## Diseño experimental

En la Tabla 10 se muestran los resultados del análisis de varianza (Walpole et al., 2007) de la variable respuesta (acidez) durante el almacenamiento del chorizo parrillero.

Aplicado el diseño de bloques completamente al azar en el almacenamiento del chorizo parrillero y realizado el análisis de varianza en función a la variable acidez, se concluye que el factor lote (X) y el factor tiempo (Y) influyen en la variable respuesta (acidez); ya que existe diferencia significativa  $F_{cal} > F_{tab}$  ( $71,88 > 3,01$ ) y ( $28,46 > 3,01$ ), para un nivel de significancia ( $\alpha=0,05$ ). Para tal efecto se realiza la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) entre los lotes según indica la Tabla 11

Tabla 10.  
Análisis de varianza de la etapa de almacenamiento  
en función del contenido de acidez

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab 95%
Total	0,8425	19			
Lotes (X)	0,5804	4	0,1451	71,88*	3,01
Tiempo (Y)	0,2298	4	0,0575	28,46	3,01
Error(E)	0,0323	16	0,002		

\*Significativo

Tabla 11.  
Prueba LSD para el factor acidez

Diferencia de bloques	Diferencia muestral	Decisión
$\mu_A - \mu_B$	0,0586 > 0,0283	Significativa
$\mu_A - \mu_C$	0,0821 > 0,0283	Significativa
$\mu_A - \mu_D$	[-0,0482] > 0,0283	Significativa
$\mu_A - \mu_E$	[-0,1878] > 0,0283	Significativa
$\mu_B - \mu_C$	0,0235 < 0,0283	No significativa
$\mu_B - \mu_D$	[-0,1068] > 0,0283	Significativa
$\mu_B - \mu_E$	[-0,2464] > 0,0283	Significativa
$\mu_C - \mu_D$	[-0,1303] > 0,0283	Significativa
$\mu_C - \mu_E$	[-0,2699] > 0,0283	Significativa
$\mu_D - \mu_E$	[-0,1396] > 0,0283	Significativa

Realizada la prueba de comparaciones entre lotes, se evidencia que no existe diferencia significativa entre los bloques B y C; sin embargo existe diferencia significativa para todas las demás combinaciones para un nivel de significancia ( $\alpha=0,05$ ).

### Prueba estadística de Friedman

Se realiza una prueba de hipótesis para análisis descriptivos (Ureña y col., 1999) no-paramétricos (Friedman), siendo la hipótesis a probar que existe diferencia en los atributos sensoriales de las muestras de chorizo parrillero almacenadas

a 1°C, 3°C y 4°C en un tiempo (t). En la Tabla 12, se muestra el análisis estadístico de la prueba de Friedman para los atributos color, olor y sabor del chorizo parrillero.

Tabla 12.  
Prueba de Friedman aplicada en la evaluación sensorial

Atributos	F <sub>cal</sub>			F <sub>tab</sub>
	1°C	3°C	4°C	
Chorizo parrillero crudo				
Color	4,98	3,95	7,52	<b>3,29</b>
Olor	27,79	18,85	18,63	
Chorizo parrillero cocido				
Sabor	13,18	11,08	105,57	<b>4,49</b>

Como se observa en la Tabla 12  $F_{cal} > F_{tab}$  para el atributo color, olor y sabor de las tres muestras de chorizo parrillero con un nivel de significancia ( $\alpha=0,05$ ), por lo tanto se acepta la hipótesis planteada de que existe diferencia significativa de los atributos sensoriales a medida que pasa el tiempo de almacenamiento

### Prueba estadística $X^2$ (Chi-cuadrado)

Se aplica una prueba estadística (Tabla 13)  $X^2$  (chi-cuadrado), para los atributos sensoriales de las muestras de chorizo parrillero a los 18 días de almacenamiento. Con el fin de establecer si existe diferencia entre el número de aceptación y rechazo para el atributo color (brillante y oscuro), atributo olor (agradable y desagradable), atributo sabor (característico y diferente).

Tabla 13.  
Prueba  $X^2$  aplicada en la evaluación sensorial

Atributos	$X^2_{cal}$	$X_{tab}$
	Chorizo parrillero crudo	
Color	7,13	7,81
Olor	2,13	
Chorizo parrillero cocido		
Sabor	4,77	7,81

El valor crítico de (chi-cuadrado) es  $X^2_{0,05,3}=7,81$  siendo  $X^2_{cal}$  menor que  $X_{tab}$  por tanto se acepta la hipótesis planteada que dice que no hay diferencias entre el número aceptación y rechazo del atributo color (oscuro y brillante), atributo olor (agradable y desagradable), atributo sabor (característico y diferente) para un nivel de significancia ( $\alpha=0,05$ ).

### Cinética química de reacción y predicción de la vida útil del chorizo parrillero

El análisis de datos se realiza aplicando regresión lineal, aplicando software estadístico (Microsoft Excel 2010), para el cálculo de la ecuación de la recta y coeficiente de correlación "R"; hallando de esta manera los valores de las constantes de velocidad, y constantes de la ecuación de Arrhenius.

En la Figura 8 y Figura 9 se muestra la disminución del atributo de calidad en función del orden de reacción según datos obtenidos en la Tabla 1 y Tabla 2.

Figura 8.  
Tiempo vs acidez (reacción de orden cero)

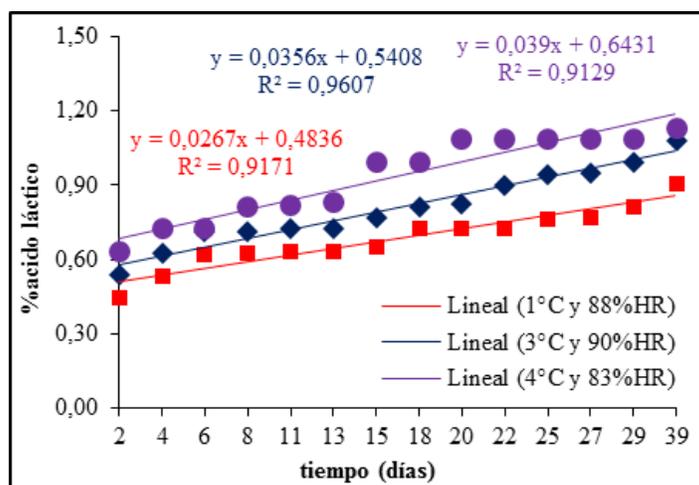
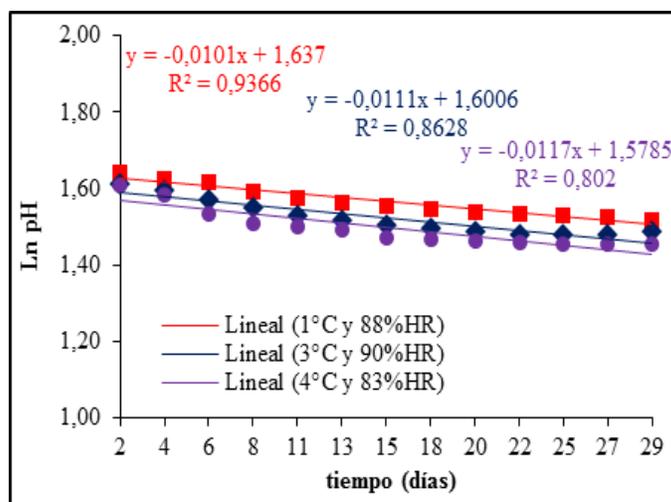


Figura 9.  
Tiempo vs pH (reacción de orden uno)



A través de las ecuaciones lineales que se muestran en la Figura 8 y Figura 9 se determina el tiempo donde empieza el deterioro del chorizo parrillero utilizando las ecuaciones de reacción (Ec. 2 y Ec. 3). Para tal efecto se obtiene que el deterioro del producto almacenado a 1°C, 3°C y 4°C, en función del pH empieza a los 12 días, 11 días y 10 días del almacenamiento y en función a la acidez el deterioro empieza a los 13 días, 12 días y 11 días respectivamente.

Para encontrar los parámetros cinéticos (Salazar et al., 2007) del modelo matemático de Arrhenius (energía de activación y factor pre-exponencial) se construye la gráfica de la velocidad de reacción (k) en función de la inversa de la temperatura absoluta (1/T), para cada uno de los factores de calidad (pH y acidez), mediante la linealización logarítmica de la (Ec. 4)

:

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{EA}{R} * \frac{1}{T} \rightarrow y = ax + b$$

En la Figura 10 y Figura 11, se representa la dispersión de los datos de velocidad de reacción del factor pH y factor acidez; en función de la temperatura absoluta (°K) y la línea de tendencia con su respectiva ecuación lineal.

Figura 10.  
Velocidad de reacción en función de la temperatura (pH)

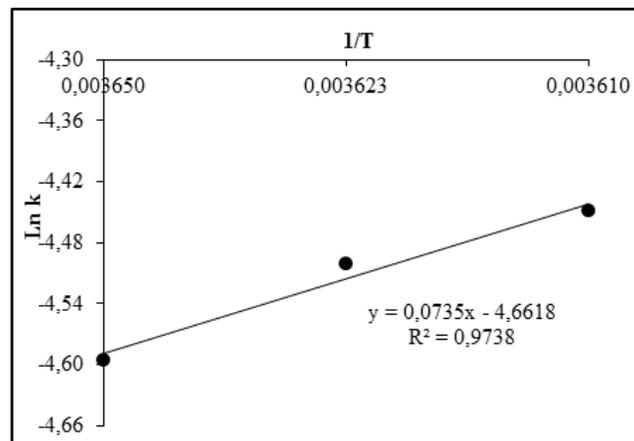
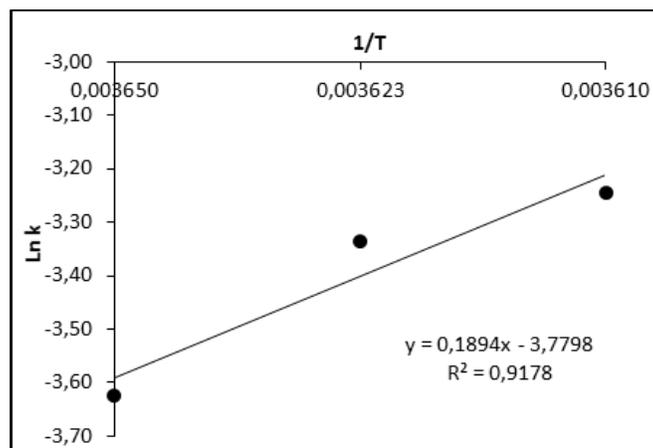


Figura 11.  
Velocidad de reacción en función de la temperatura (acidez)



En base a la Figura 10 y Figura 11, y Ec. 4.1 se calcula los valores de la energía de activación  $E_A$  que es igual a la pendiente partido la constante de los gases (R), y factor pre-exponencial:

$$\text{Energía de activación (kJ.mol}^{-1}\text{)} \rightarrow a = \frac{E_A}{R} \rightarrow E_A = a * R$$

$$\text{Factor pre-exponencial (día}^{-1}\text{)} \rightarrow b = \ln k_0 \rightarrow k_0 = e^b$$

En la Tabla 14, se muestran los resultados de estos parámetros cinéticos; tanto para pH y acidez.

Tabla 14.  
Energía de activación y factor pre-exponencial

Factor de calidad	Energía de activación	Factor pre-exponencial
	$E_A$ (kJ.mol <sup>-1</sup> )	$k_0$ (día <sup>-1</sup> )
<b>pH</b>	0,7857	108,8205
<b>Acidez</b>	1,5747	43,8073

En la Tabla 14, se observa que la energía de activación para el factor pH es 0,7857 kJ/mol y factor acidez 1,5747 kJ/mol.

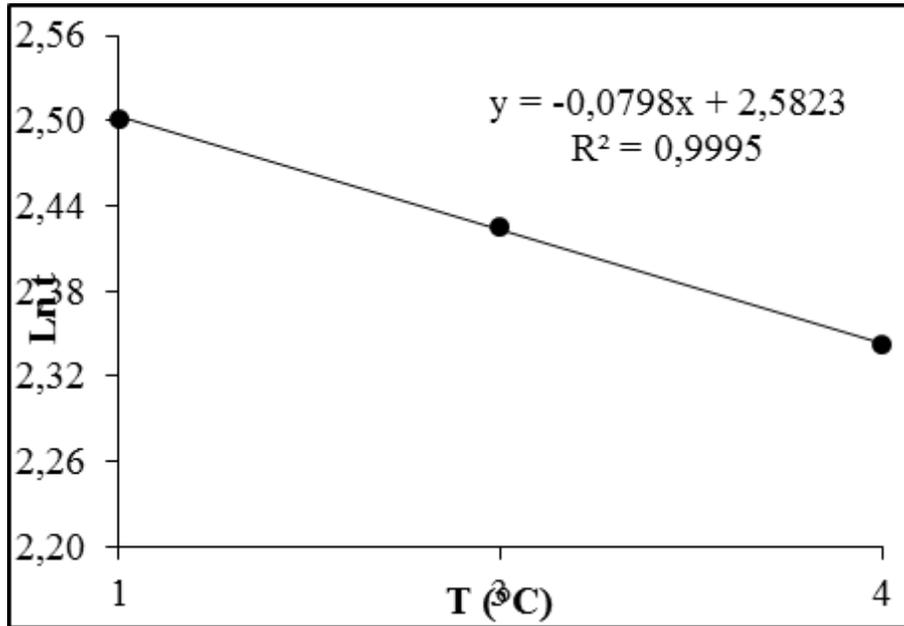
La vida anaquel para el chorizo parrillero del Laboratorio Taller de Alimentos determinada a través del modelo matemático de Arrhenius (Ec.4) en función del factor de calidad limitante "pH" es:

$$tp = \frac{t_u}{e^{\frac{EA}{R} \left( \frac{1}{T^{\circ}K} - \frac{1}{T_{ref}^{\circ}K} \right)}} = 11,55 \text{ días}$$

Se estima que el deterioro del chorizo parrillero en función al factor (pH) empieza aproximadamente a los 12 días, el cual se considera de mayor influencia en la vida útil del producto debido a que el deterioro en función a este parámetro empieza antes que en función del factor acidez.

Para describir la relación entre la temperatura y la velocidad de reacción se calcula el valor de  $Q_{10}$ . En la Figura 12 muestra la relación entre el tiempo de vida útil del chorizo parrillero y temperatura, para el factor pH.

Figura 12.  
Tiempo de vida útil en función de la temperatura (pH)



Utilizando la (Ec. 5) se obtiene un valor  $Q_{10}$  para el factor pH de 2,22 lo que significa que la velocidad de la reacción de deterioro en función del pH se acelera 2 veces más por cada 10°C de temperatura que se aumente.

En base a los resultados obtenidos en la cinética de reacción y modelo matemático de Arrhenius, se establece un modelo matemático a partir de la velocidad de reacción y temperatura, que relaciona la vida útil del chorizo parrillero en función del pH para cualquier temperatura de almacenamiento:

$$\frac{dpH}{dt} = (0,0008T + 0,0094) * pH^n$$

De acuerdo a la ecuación obtenida, se considera que el cambio de calidad en el chorizo parrillero es función del pH y temperatura de almacenamiento, ya que, a

partir de un valor inicial de pH, y temperatura a la cual se encuentre almacenado el producto se puede predecir el tiempo en el que ocurre el deterioro del mismo.

## DISCUSIÓN

Realizado el análisis fisicoquímico del chorizo parrillero al comienzo del almacenamiento tiene un porcentaje de acidez 0,60%; pH 5,16 y rancidez negativo y al final del almacenamiento tiene: acidez 0,90%; pH 4,56 y rancidez negativo, La disminución del pH en las muestras de chorizo parrillero, debido a la degradación del glucógeno en ácido láctico, lo que produce una disminución del pH en el producto y aumento de acidez a medida que pasa el tiempo de almacenamiento causando de esta manera características diferentes en el producto.

Realizado el análisis microbiológico del chorizo parrillero, al comienzo del almacenamiento tiene: bacterias aerobias mesófilas  $8,1 \times 10^2$  UFC/g y escherichia coli  $< 10$  UFC/g

y al final del almacenamiento tiene: bacterias aerobias mesófilas  $5,1 \times 10^5$  UFC/g, escherichia coli  $9,0 \times 10^2$  UFC/g mohos y

Utilizando la (Ec. 5) se obtiene un valor  $Q_{10}$  para el factor pH de 2,22 lo que significa que la velocidad de la reacción de deterioro en función del pH se acelera 2 veces más por cada  $10^\circ\text{C}$  de temperatura que se aumente.

En base a los resultados obtenidos en la cinética de reacción y modelo matemático de Arrhenius, se establece un modelo matemático a partir de la velocidad de reacción y temperatura, que relaciona la vida útil del chorizo parrillero en función del pH para cualquier temperatura de almacenamiento:

$$\frac{dpH}{dt} = (0,0008T + 0,0094) * pH^n$$

De acuerdo a la ecuación obtenida, se considera que el cambio de calidad en el chorizo parrillero es función del pH y temperatura de almacenamiento, ya que, a partir de un valor inicial de pH, y temperatura a la cual se encuentre almacenado el producto se puede predecir el tiempo en el que ocurre el deterioro del mismo.

## DISCUSIÓN

Realizado el análisis fisicoquímico del chorizo parrillero al comienzo del almacenamiento tiene un porcentaje de acidez 0,60%; pH 5,16 y rancidez negativo y al final del almacenamiento tiene: acidez 0,90%; pH 4,56 y rancidez negativo, La disminución del pH en las muestras de chorizo parrillero, debido a la degradación del glucógeno en ácido láctico, lo que produce una disminución del pH en el producto y aumento de acidez a medida que pasa el tiempo de almacenamiento causando de esta manera características diferentes en el producto.

Realizado el análisis microbiológico del chorizo parrillero, al comienzo del almacenamiento tiene: bacterias aerobias mesófilas  $8,1 \times 10^2$  UFC/g y escherichia coli  $< 10$  UFC/g y al final del almacenamiento tiene: bacterias aerobias mesófilas  $5,1 \times 10^5$  UFC/g, escherichia coli  $9,0 \times 10^2$  UFC/g mohos y levaduras  $4,2 \times 10^2$  UFC/g y Staphylococcus aureus  $< 10$  UFC/g. sin embargo el desarrollo de levaduras en el medio indican descomposición del producto lo cual está relacionado con la disminución del pH, que es característico de una carne en vía de putrefacción.

Realizada la evaluación sensorial en el chorizo parrillero al comienzo del almacenamiento tiene un color moderadamente oscuro, olor agradable, sabor característico y al final del almacenamiento tiene un color moderadamente brillante, olor bastante desagradable, sabor bastante diferente, lo que evidencia un cambio de las características organolépticas del producto a medida que pasa el tiempo de almacenamiento siendo desfavorable para los consumidores.

Realizado el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) aplicado en la etapa de almacenamiento del chorizo parrillero, se concluye que el factor lote (X) y el factor tiempo (Y) influyen en la variable respuesta (acidez) ya que existe diferencia significativa ( $F_{cal} > F_{tab}$ ), sin embargo realizada la prueba de comparaciones entre bloques, no existe diferencia significativa entre los bloques B y C para un nivel de significancia ( $\alpha=0,05$ ). Por tanto, el lote B y C son los más eficientes durante el almacenamiento en términos de acidez, ya que la descomposición en función de este parámetro es menor en comparación a los lotes A, D y E.

Realizado el análisis estadístico de la prueba de Friedman, se evidencia de que los atributos sensoriales color, olor, y sabor en las muestras de chorizo parrillero

CH-202, CH-203 y CH-204 almacenadas a 1°C, 3°C y 4°C respectivamente, cambian a medida que pasa el tiempo, es decir si hay diferencia de los atributos sensoriales evaluados en el día uno, a los 11 días y 18 días del almacenamiento. De esta manera se puede evidenciar estadísticamente que las propiedades organolépticas del chorizo parrillero cambian a medida que pasa el tiempo de almacenamiento.

La vida útil del chorizo parrillero determinado a través de la cinética de reacción y modelo matemático de Arrhenius en función del factor de calidad limitante (pH) es aproximadamente de 12 días almacenado a (1°C y 88% HR), es decir las propiedades del producto en este tiempo empiezan a cambiar; se manifiesta el desarrollo de mohos y levaduras, cambio en las propiedades organolépticas olor y sabor por ende disminución de la calidad nutricional.

## BILIOGRAFÍA

- Anderson, Pascual, María del Rosario. (1998). Microbiología Alimentaria. Díaz de Santos, S.A.
- Casp, Vanaclocha, Ana y Abril, Requeña, José (2003). Procesos de conservación de Alimentos. Segunda edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid-España.
- CEANID (2017). Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo. Facultad de Ciencias y Tecnología. Zona El Tejar. Campus Universitario. Tarija-Bolivia.
- Gastelum, Ricardo, Olivas; Moorillón, Nevárez, Guadalupe, Virginia; Franco, Gastélum, María, Guadalupe (2009). Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos. Disponible en: <http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v3n1/data/AnalisisSensorialdeAlimentos.pdf>.
- IBNORCA, (2016). Catálogo de normas bolivianas. Disponible en <http://www.ibnorca.org/images/archivos/IBNORCACATALOGODENORMAS2016Noviem>bre.pdf. Kirk, Ronald, S.; Sawyer, Ronal; Egan, Harnold. (1196). Composición y Análisis de Alimentos de Pearson. México: Compañía editorial continental, S.A.
- Labuza, Theodore, P. (1999). Procesos de Conservación de Alimentos (2a edición). Libro: Casp, A y Abril, J. (2003). Madrid, España.
- Man, Dominic (2002). Caducidad de los Alimentos. Zaragoza, España: ACRIBIA, S.A.
- Piagentini, A., M.; Pirovani, M., E.; Gumes, D., R. (2004). Ciencia y Tecnología Alimentaria "cinética de deterioro de la calidad de repollo fresco cortado". Disponible en: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/3Cinetdegradrepollo\\_14219.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/3Cinetdegradrepollo_14219.pdf)
- Potter, Norman, N. y Hotchkiss, Joseph, H. (1999). Ciencia de los Alimentos. Zaragoza, España: ACRIBIA, S.A.
- Ramírez, R. Erick (2012). Diseño experimental completamente al azar. Asignatura Metodología de la Investigación. Editorial Carrera de Ingeniería de Alimentos-UAJMS. Tarija-Bolivia.
- RIMH (2017). Laboratorio de Análisis y Aguas de Richard Iván Medina Hoyos. Tarija-Bolivia.
- Salazar de Marcano, Edith; Belen, Douglas; Marin, Gladysel; Moreno, Herolys (2007). Cinética de deterioro del aceite de la semilla de la palma Coroba. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/4277/427739433008.pdf>.
- Ureña, Peralta, Milber, O.; Huapaya D Arrigo, Matilde (1999). Evaluación sensorial de los Alimentos "primera edición". Lima, Perú: Agraria.
- Walpole, Ronal, E.; Myers, Raymond, H.; Ye, Kying (2007). Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias "Octava edición". Pearson Educación de México, S.A.



# ART. 8

## **COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN H-21 CONFINADO LATERALMENTE CON POLÍMEROS REFORZADOS CON FIBRA DE CARBONO**



# COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN H-21 CONFINADO LATERALMENTE CON POLÍMEROS REFORZADOS CON FIBRA DE CARBONO

Morales Retamozo Ricardo Normando

moralesretamozo@gmail.com

## RESUMEN

Una estructura requiere ser reforzada cuando se efectuarán reformas constructivas, se realizará un cambio de uso de la estructura, o cuando algún elemento de estructura perdió sección, por acciones accidentales como sismo, fuego, explosión, choque, etc. Los métodos tradicionales de refuerzo son: recrecido de la sección, postensado exterior, refuerzo con chapas de acero, etc.

Cuya principal desventaja es el incremento de peso de la estructura, además de su elevado costo de colocación. Ante estos inconvenientes años recientes se ha incrementado el uso de polímeros reforzados con fibra FRP, como elemento de confinamiento de elementos de hormigón sometidos a compresión.

## INTRODUCCIÓN

En este trabajo de investigación, se realizó una revisión bibliográfica de elementos sometidos a esfuerzos de compresión reforzados con FRP; se analizó las recomendaciones de diseño propuestas por las guías ACI 440.2R-08, la FIB 2001 BULLETIN 14 y los modelos predictivos desarrollados por Mander et al. 1984, Samaan et. al 1998, Splestra y Monti 1999, Teng et al. 2009 y Wu y Zhou 2010.

Se estudió el comportamiento de probetas de hormigón de 300 x 150 mm y 200 x 100 mm, con una resistencia a compresión de 21 MPa, sometidas a compresión axial, sin confinar y confinadas con una, tres y cinco

capas de polímeros reforzados con fibras de carbono FRP, determinándose sus propiedades mecánicas y su comportamiento tensión-deformación

Posteriormente, se realizó el cálculo de la resistencia y deformación máxima del hormigón confinado con FRP, según la metodología descrita por las guías y modelos mencionados, y se comparó los resultados con los obtenidos experimentalmente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La mayoría de trabajos de rehabilitación consisten en reparar viejas estructuras deterioradas, estructuras dañadas por sismos, desastres naturales, o para aumentar la capacidad de carga. En particular, los elementos sometidos a sollicitaciones de compresión, como columnas de hormigón armado y pilas de puentes, resultan de fundamental importancia para la seguridad de una estructura.

El confinamiento con polímeros reforzados con fibras FRP, mejora el comportamiento de elementos sometidos a esfuerzos de compresión, debido a que, la capacidad última del hormigón confinado, en términos de resistencia y máxima deformación axial, se relaciona directamente con la presión lateral generada por los mecanismos de confinamiento.

En esta investigación, se estudió el incremento de

resistencia de un hormigón de resistencia H-21, confinado lateralmente con polímeros reforzados con fibras de carbono FRP, analizándose la influencia del número de capas de confinamiento, sobre la resistencia y deformación última de los hormigones. También se estudió algunos modelos matemáticos y guías de diseño, para predecir el comportamiento tensión-deformación del hormigón confinado con FRP.

Se estudió el comportamiento a compresión del hormigón H-21 confinado con fibras de carbono, para lo cual se ensayaron a compresión probetas de hormigón de 300 x 150 mm y 200 x 100 mm, sin confinar y confinadas con una, tres y cinco capas de polímeros reforzados con fibras de carbono FRP, determinándose sus propiedades mecánicas y su comportamiento tensión-deformación.

También, se realizó el cálculo de la resistencia y la curva esfuerzo-deformación, del hormigón confinado con FRP, según la metodología descrita por las guías y modelos propuestas por las guías ACI 440.2R-08, la FIB 2001 BULLETIN 14 y los modelos predictivos desarrollados por Mander et al. 1984, Samaan et. al 1998, Splestra y Monti 1999, Teng et al. 2009 y Wu y Zhou 2010. Por último se realizó una comparación entre los valores experimentales y los teóricos.

## RESULTADOS PROBETAS DE HORMIGÓN SIN CONFINAR

En la Tabla 4.1, se muestra un resumen de los resultados obtenidos en las probetas de hormigón de 300 x 150 mm sin confinar. Donde  $f'c$  es la tensión máxima,  $E_c$  es el módulo de elasticidad,  $\epsilon_c$  es la deformación longitudinal correspondiente a la tensión máxima,  $\epsilon_t$  es la deformación transversal y  $\mu$  es el coeficiente de Poisson. La Figura 4.1, muestra

el comportamiento tensión-deformación axial del hormigón sin confinar. En la Tabla 4.8, se muestra los resultados de la resistencia a compresión  $f'c$  del hormigón sin confinar de las probetas de (200x100) mm. En estos elementos no se pudo instalar el compresómetro, por lo que no se cuenta con todas las propiedades del hormigón sin confinar.

Tabla 4.1 Propiedades mecánicas del hormigón sin confinar

PROBETAS DE 300 x 150 mm					
Elemento	$f'c$ (MPa)	$E_c$ (MPa)	$\epsilon_c$ (mm/mm)	$\epsilon_t$ (mm/mm)	$\mu$ (mm/mm)
P-1	19,79	18071,6	0,00187	0,000200	0,170
P-2	21,19	18720,85	0,00200	0,000220	0,176
P-3	26,98	20718,3	0,00256	0,000327	0,195
P-4	27,92	21118,95	0,00265	0,000373	0,199
P-5	15,85	16309,3	0,00151	0,000153	0,154
P-6	20,21	18206,45	0,00191	0,000207	0,172
<b>Promedio</b>	<b>21,99</b>	<b>18.857,58</b>	<b>0,002081</b>	<b>0,000247</b>	<b>0,178</b>

Figura 4.1 Diagrama esfuerzo-deformación del hormigón sin confinar

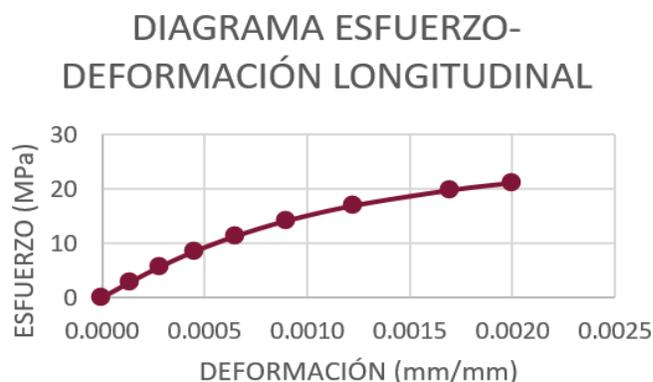


Tabla 4.2 Resistencia a compresión del hormigón sin confinar

PROBETAS DE 200 x 100 mm	
Elemento	$f'c$ (MPa)
P-1	26,15
P-2	24,21
P-3	23,26
P-4	15,19
P-5	25,48
P-6	14,54
<b>Promedio</b>	<b>21,47</b>

### PROBETAS DE HORMIGÓN CONFINADAS CON FRP

El modo de fallo está gobernado por la rotura del encamisado de fibra de carbono, la rotura fue perpendicular a la dirección de la fibra. Se observó en los ensayos, que en instantes previos a la rotura del FRP se oyeron algunos sonidos, probablemente debidos a la rotura de algunas fibras, posteriormente ocurrió el fallo y en algunos casos fue explosivo.

Las Tablas 4.3, 4.4 y 4.5, muestran los resultados obtenidos en los ensayos realizados a probetas de hormigón de 300 x 150 mm y 200 x 100 mm, confinadas con una, tres y cinco capas de FRP. Donde  $f'_{cc}$  es la tensión máxima del hormigón confinado,  $E_{cc}$  es el módulo de elasticidad inicial,  $\epsilon_{cc}$  es la deformación axial correspondiente a la tensión máxima del hormigón confinado.  $\epsilon_{fu}$  es la deformación transversal última o deformación última efectiva.



Tabla 4.3  
Resultados de probetas de hormigón confinadas con una capa de FRP

PROBETAS DE 300 x 150 CON UNA CAPA DE CONFINAMIENTO				
Elemento	$f'_{cc}$ (MPa)	$E_i$ (MPa)	$\epsilon_{cc}$ (mm/mm)	$\epsilon_{fu}$ (mm/mm)
FRP-1-1	40,2	24451,73	0,008203	0,009267
FRP-1-2	32,07	20405	0,007200	0,001907
FRP-1-3	30,49	19494,53	0,006995	0,001013
FRP-1-4	24,76	16696,7	0,006293	0,000280
FRP-1-5	32,54	21263,24	0,007260	0,002273
FRP-1-6	25,97	16851,69	0,006435	0,000327
<b>Promedio</b>	<b>31,01</b>	<b>19.860,48</b>	<b>0,007064</b>	<b>0,002511</b>

Tabla 4.4  
Resultados de probetas de hormigón confinadas con tres capas de FRP

PROBETAS DE 300 x 150 mm CON TRES CAPAS DE CONFINAMIENTO				
Elemento	$f'_{cc}$ (MPa)	$E_i$ (MPa)	$\epsilon_{cc}$ (mm/mm)	$\epsilon_{fu}$ (mm/mm)
FRP-3-1	57,58	20130,22	0,028690	0,004797
FRP-3-2	56,98	19701,92	0,028690	0,004617
FRP-3-3	66,30	24116,78	0,028923	0,007110
FRP-3-4	57,51	19913,77	0,028690	0,004777
FRP-3-5	52,60	19631,35	0,028715	0,003417
FRP-3-6	63,51	22973,88	0,028823	0,006487
<b>Promedio</b>	<b>59,08</b>	<b>21.077,99</b>	<b>0,028755</b>	<b>0,005201</b>

Tabla 4.5  
Resultados de probetas de hormigón confinadas con cinco capas de FRP

PROBETAS DE 200 x 100 mm CON CINCO CAPAS DE CONFINAMIENTO				
Elemento	f'cc (MPa)	Ei (MPa)	εcc (mm/m m)	εfu (mm/m m)
FRP-5-1	126,44	-	-	-
FRP-5-2	110,20	-	-	-
FRP-5-3	92,38	-	-	-
FRP-5-4	150,05	-	-	-
FRP-5-5	115,87	-	-	-
FRP-5-6	117,46	-	-	-
<b>Promedio</b>	<b>118,73</b>	-	-	-

Las Figuras 4.2 y 4.3, muestran el comportamiento tensión-deformación axial del hormigón confinado con una y tres capas de FRP. (Los resultados hasta obtener la carga máxima)

Figura 4.2  
Diagrama esfuerzo-deformación del hormigón confinado con una capa de FRP

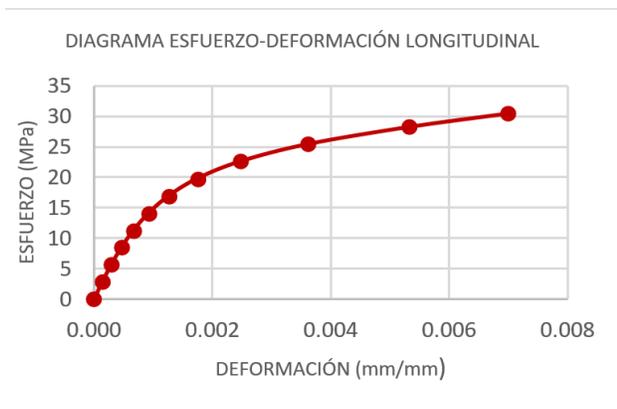
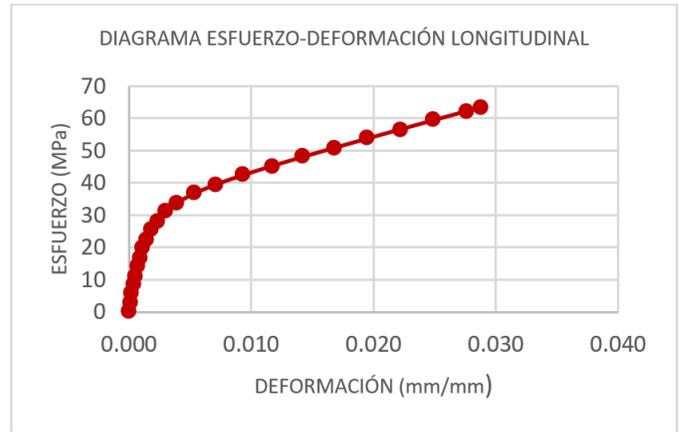


Figura 4.3  
Diagrama esfuerzo-deformación del hormigón confinado con tres capas de FRP



## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### TENSIÓN MÁXIMA

Los resultados de la Tabla 5.1, muestran un significativo incremento de la tensión a compresión f'cc, debido al confinamiento con FRP. En relación con la resistencia del hormigón sin confinar f'c.

Tabla 5.1  
Incremento de la tensión a compresión

Elemento	f'c (MPa)	Nº de capas de FRP	f'cc (MPa)	f'cc/f'c
300x150 mm	21,99	1	31,01	1,41
		3	59,08	2,69
200x100 mm	21,47	5	118,73	5,53

A continuación, se describen algunos detalles de los resultados.

Los resultados muestran en primer lugar que el confinamiento con FRP, mejora la capacidad de carga axial en todos los casos. Se observa un incremento de 141 % en la tensión,

cuando las probetas de hormigón son confinadas con una capa de FRP. El confinamiento con tres capas de FRP, consiguió incrementar la tensión 269 %. Mientras que para cinco capas de FRP, el incremento es de 553 %.

## DEFORMACIÓN AXIAL

En la Tabla 5.2, se indica el promedio de la deformación axial  $\epsilon_{cc}$  (Correspondiente a la tensión axial máxima  $f'_{cc}$ ). De las probetas de hormigón confinadas con una y tres capas de FRP. Y la relación  $\epsilon_{cc}/\epsilon_c$ , siendo  $\epsilon_c$  el promedio de las deformaciones de las probetas sin confinar.

Tabla 5.2  
Incremento de la deformación axial

Elemento	$\epsilon_c$	N° de capas	$\epsilon_{cc}$	$\epsilon_{cc}/\epsilon_c$
300x150 mm	0,002081	1	0,007064	3,39
		3	0,028755	13,82

El refuerzo con FRP, incrementa notablemente la deformación axial última de las probetas con respecto a las probetas sin confinar.

## DEFORMACIÓN TRANSVERSAL

En la Tabla 5.3, se muestran los promedios de la deformación transversal  $\epsilon_{tmax}$ , que se produce en el momento del fallo de las probetas confinadas. Y la deformación transversal  $\epsilon_t$ , de las probetas sin confinar.

Tabla 5.3  
Incremento de la deformación transversal

Elemento	$\epsilon_t$	N° de capas	$\epsilon_{tmax}$	$\epsilon_{tmax}/\epsilon_t$
300x150 mm	0,000247	1	0,002511	10,17
		3	0,005201	21,05

La deformación transversal, se incrementa debido al efecto del confinamiento con FRP. El confinamiento con una capa de FRP, incrementa en un 1017 %, la deformación transversal del hormigón sin confinar. Sin embargo, para un confinamiento con 3 capas de FRP, el incremento es del orden del 2105 % la deformación transversal del hormigón sin confinar.

## COMPORTAMIENTO TENSIÓN

**DEFORMACIÓN.-** Las Figuras 5.1 y 5.2, muestran el comportamiento tensión-deformación, de las probetas sin confinar, y confinadas con una y tres capas de FRP. Para deformaciones axiales y deformaciones transversales.

Figura 5.1  
Diagrama esfuerzo-deformación axial

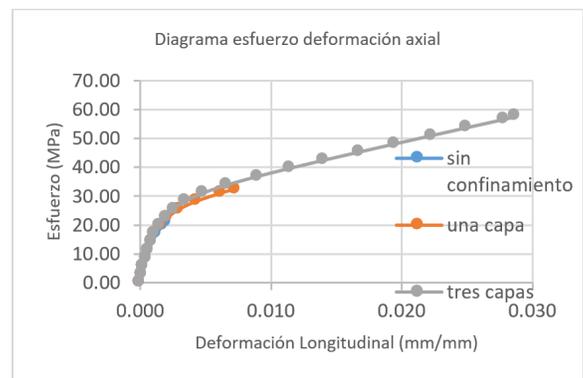
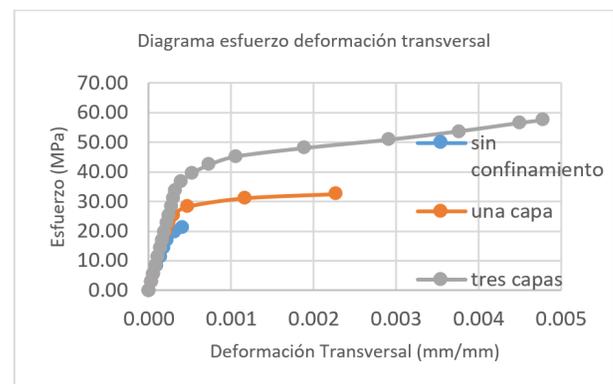


Figura 5.2  
Diagrama esfuerzo deformación transversal



Se observa que las probetas reforzadas con FRP, tienen un incremento de resistencia respecto a las probetas sin confinamiento. Las probetas reforzadas con una y tres capas de fibra de carbono, la respuesta tensión-deformación tiene una forma aproximadamente bilineal, con una segunda rama ascendente, característica del hormigón confinado con FRP.

Se puede decir que el comportamiento tensión-deformación del hormigón confinado con FRP, puede dividirse en dos regiones. En la primera región el comportamiento es muy similar al hormigón sin confinar, sin embargo, la curva asciende más allá de la tensión máxima del hormigón sin confinar. En la segunda región el hormigón empieza a agrietarse y se activa totalmente el FRP, incrementando la capacidad de resistencia de las probetas.

### COMPARACIÓN DE LOS MODELOS DE CONFINAMIENTO CON LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES

A continuación, se realiza una comparación de los resultados obtenidos experimentalmente, respecto a los valores teóricos de los modelos de confinamiento, para determinar qué modelo presenta un mayor ajuste a los valores obtenidos experimentalmente.

Las Tablas 5.4, 5.5, y 5.6, muestran los resultados del cálculo de la presión de confinamiento  $f_l$ , la resistencia  $f'_{cc}$ , y la deformación longitudinal  $\epsilon_{cc}$ , del hormigón confinado. Según la metodología descrita en cada uno de los modelos, para probetas de 300 x 1500 mm y 200 x 100 mm, confinadas con una, tres y cinco capas de FRP.

Tabla 5.4  
Resultados de tensión y deformación de probetas de 300x150 mm con una capa de confinamiento

PROBETAS DE 300 x 150 mm CON UNA CAPA DE CONFINAMIENTO					
MODELO	$f_l$ (MPa)	$f'_{cc}$ (MPa)	$f'_{cc,exp}/f'_{cc,mod}$	$\epsilon_{cc}$ (mm/mm)	$\epsilon_{cc,exp}/\epsilon_{cc,mod}$
EXPERIMENTAL	-	31,010	1,00	0,007064	1,00
ACI 440,2R-08	2,176	29,171	1,06	0,006440	1,10
FIB 2001 Bulletin-14	1,760	32,292	0,96	0,007000	1,01
MANDER et al 1988	2,176	34,307	0,90	0,007900	0,89
SAMAAN et al. 1998	2,176	32,330	0,96	0,006061	1,17
SPOLESTRA 1999	2,176	25,150	1,23	0,006969	1,01
TENG et al. 2009	2,176	28,127	1,10	0,006893	1,02
WU Y ZHOU 2010	2,176	28,468	1,09	-	-

Tabla 5.5  
Resultados de tensión y deformación de probetas de 300x150 mm con tres capas de confinamiento

PROBETAS DE 300 x 150 mm CON TRES CAPAS DE CONFINAMIENTO					
MODELO	$f_l$ (MPa)	$f'_{cc}$ (MPa)	$f'_{cc,exp}/f'_{cc,mod}$	$\epsilon_{cc}$ (mm/mm)	$\epsilon_{cc,exp}/\epsilon_{cc,mod}$
EXPERIMENTAL	-	59,080	1,00	0,028755	1,00
ACI 440,2R-08	6,528	43,532	1,36	0,013070	2,20
FIB 2001 Bulletin-14	11,075	61,095	0,97	0,020584	1,40
MANDER et al 1988	14,345	66,949	0,88	0,023400	1,23
SAMAAN et al. 1998	14,345	60,702	0,97	0,029806	0,96
SPOLESTRA 1999	14,345	57,681	1,02	0,019999	1,44
TENG et al. 2009	14,345	68,948	0,86	0,028160	1,02
WU Y ZHOU 2010	14,345	57,391	1,03	-	-

Tabla 5.6  
Resultados de tensión y deformación de probetas de 200x100 mm con cinco capas de confinamiento

PROBETAS DE 200 x 100 mm CON CINCO CAPAS DE CONFINAMIENTO				
MODELO	$f_l$ (MPa)	$f'_{cc}$ (MPa)	$f'_{cc,exp}/f'_{cc,mod}$	$\epsilon_{cc}$ (mm/mm)
EXPERIMENTAL	-	118,730	1,00	-
ACI 440,2R-08	16,320	75,326	1,58	0,027920
FIB 2001 Bulletin-14	40,869	85,601	1,39	0,031870
MANDER et al 1988	35,863	84,114	1,41	0,031200
SAMAAN et al. 1998	35,863	94,990	1,25	0,044403
SPOLESTRA 1999	35,863	87,540	1,36	0,032808
TENG et al. 2009	35,863	143,689	0,83	0,054800
WU Y ZHOU 2010	35,863	97,835	1,21	-

## COMPARACIÓN CON LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES

Una vez obtenidos los valores de tensión y deformación teóricos del hormigón confinado, se los relacionó con el promedio de los resultados experimentales. Esta relación, es un parámetro de comparación, que nos indica que modelo tiene mejor ajuste, o es más próximo a los resultados obtenidos experimentalmente. La relación entre valores experimentales y teóricos puede indicar tres situaciones:

$f'_{cc,exp}/f'_{cc,mod} = 1$   $e_{cc,exp}/e_{cc,mod} = 1$  Caso ideal

$f'_{cc,exp}/f'_{cc,mod} > 1$   $e_{cc,exp}/e_{cc,mod} > 1$  Del lado seguro

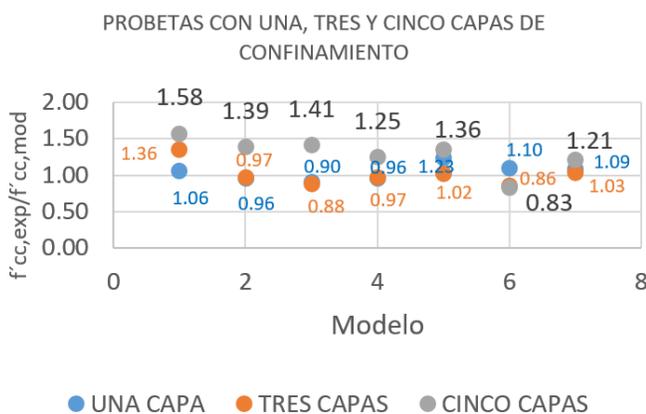
$f'_{cc,exp}/f'_{cc,mod} < 1$   $e_{cc,exp}/e_{cc,mod} < 1$  Del lado inseguro

## COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA CALCULADA CON LA RESISTENCIA EXPERIMENTAL

La Figura 5.3 muestra en el eje de las abscisas las guías o modelos utilizados para la predicción de los resultados, y el eje de las ordenadas muestra la relación de la resistencia experimental y teórica ( $f'_{cc,exp}/f'_{cc,mod}$ ), para probetas de 300 x 1500 mm y 200 x 100 mm, con una, tres y cinco capas de confinamiento respectivamente.

Figura 5.3

Modelos de predicción versus la relación  $f'_{cc,exp}/f'_{cc,mod}$ , para probetas confinadas con una, tres y cinco capas de confinamiento.



En general se observa que, con una capa de confinamiento, la resistencia del hormigón confinado calculado con los modelos, es cercana a los resultados experimentales. Pero a medida que se aumenta el número de capas de confinamiento, los resultados de las predicciones son más conservadores.

## COMPARACIÓN DE LA DEFORMACIÓN

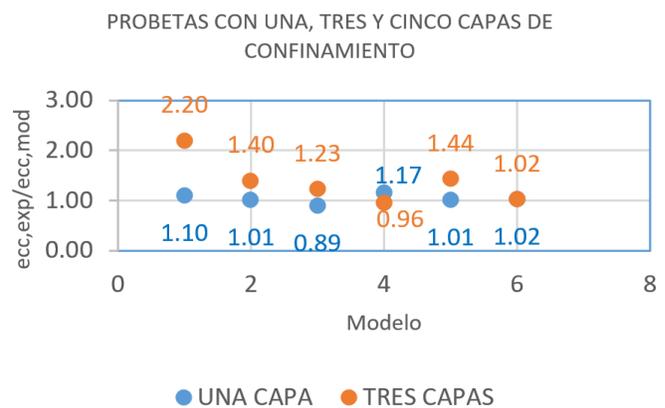
### CALCULADA CON LA DEFORMACIÓN EXPERIMENTAL

Se obtuvieron valores experimentales, de deformaciones longitudinales  $\epsilon_{cc}$ , solo para las probetas de 300 x 150 mm, con una y tres capas de confinamiento con FRP. No se pudo instalar el equipo para medir la deformación en las probetas de (200 x 100) mm.

La Figura 5.4, muestra en el eje de las abscisas las guías o modelos utilizados para la predicción de los resultados, y el eje de las ordenadas muestran la relación de la deformación experimental y teórica

Figura 5.4

Modelos de predicción versus la relación  $e_{cc,exp}/e_{cc,mod}$ , para probetas confinadas con una, tres y cinco capas de confinamiento.



## COMPARACIÓN DE LOS DIAGRAMAS ESFUERZO

### DEFORMACIÓN:

Los métodos de la ACI 440.2R-08, FIB 2001 BULLETIN 14, Mander et al. 1984 y Samaan et. al 1998, cuentan con ecuaciones para obtener curvas teóricas de esfuerzo-deformación. A continuación, se compara las curvas de esfuerzo-deformación obtenidas experimentalmente, con las calculadas con los modelos teóricos. Para probetas de 300 x 150 mm.

Figura 5.5

Diagrama de esfuerzo-deformación experimental y teórico Probetas de 300x150mm, confinadas con una capa de FRP.

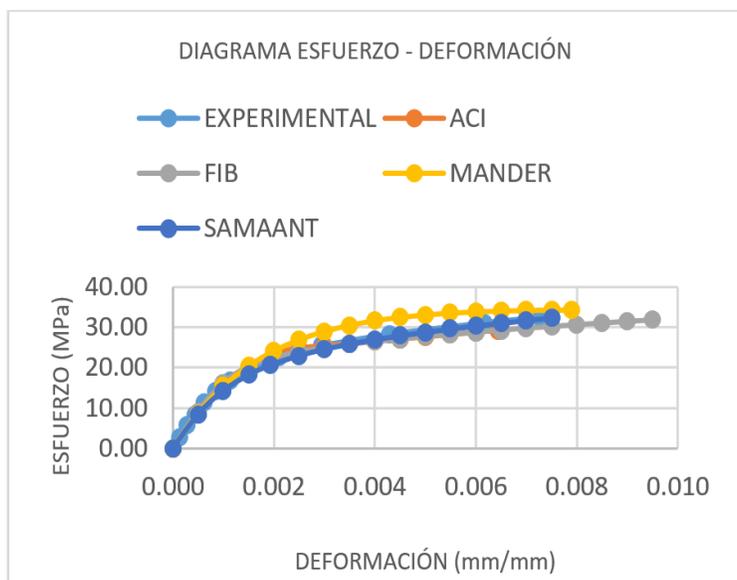
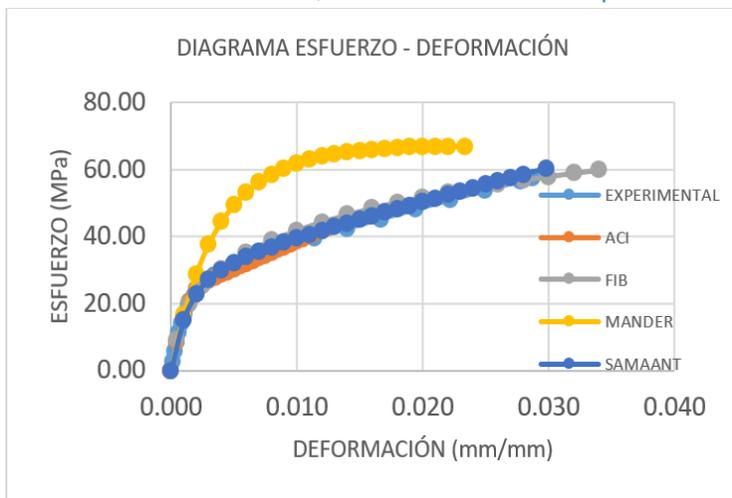


Figura 5.6

Diagrama de esfuerzo-deformación experimental y teórico Probetas de 300x150mm, confinadas con una capa de FRP.



Las curvas de esfuerzo-deformación, calculadas según la metodología descrita por el ACI 440.2R-08, y la FIB 2001 BULLETIN 14, presentan valores menores de tensión máxima, razón por la cual la curva en la segunda región tiene menor pendiente que la experimental.

La curva de esfuerzo-deformación, calculada por el modelo de Mander et al. 1984, presenta valores de esfuerzo máximo mayores a los experimentales. Este comportamiento, puede deberse a que el modelo originalmente, se desarrolló para simular el comportamiento del hormigón confinado con tubos de acero. El modelo de Samaan et. al 1998, es el que más se ajusta a la curva esfuerzo-deformación experimental.

De la misma manera, se compara las curvas esfuerzo-deformación obtenidas experimentalmente, con las calculadas con los modelos teóricos. probetas de 300 x 150 mm, confinadas con tres capas de FRP.

## CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones obtenidas en el presente trabajo de investigación:

El confinamiento con polímeros reforzados con fibra de carbono FRP, incrementa significativamente la resistencia y deformación del hormigón, por tanto la capacidad de carga de rotura del hormigón se incrementa con el número de capas de confinamiento de FRP. Con una capa de confinamiento de FRP, se incrementó 141% la resistencia del hormigón sin confinar. Con tres capas de confinamiento de FRP, el incremento de la tensión fue del 269 %. Y con cinco capas de confinamiento, la resistencia del hormigón aumentó 553 % la resistencia del hormigón sin confinar.

La relación entre la deformación del hormigón confinado y el hormigón sin confinar ( $E_{cc}/E_c$ ), puede considerarse como un índice de ductilidad. Este índice se incrementa con el número de capas de FRP. Con una capa de confinamiento de FRP el índice de ductilidad es del 339 %, para tres capas de confinamiento el índice de ductilidad es de 1382 %.

La deformación transversal incrementa debido al efecto del confinamiento con FRP. Con una capa de FRP, la deformación transversal incrementó 1017 %, la deformación transversal del hormigón sin confinar. Con tres capas de confinamiento de FRP, la deformación transversal aumento 2105 %, la deformación transversal del hormigón sin confinar.

Las curvas tensión-deformación, tienen una forma característica formada por dos tramos. En el primer tramo el comportamiento es similar al del hormigón sin confinar, en el segundo tramo la pendiente crece de forma aproximadamente lineal. La pendiente en el segundo tramo se incrementa con el número de capas de confinamiento de FRP.

El fallo de las probetas confinadas, fue en la mayoría de los casos por rotura del FRP, la rotura fue perpendicular a la dirección de la fibra. En instantes previos a la rotura del FRP, se oyeron algunos sonidos, probablemente debido a la rotura de algunas fibras, posteriormente ocurrió el fallo, y en algunos casos fue explosivo.

Se observó una pequeña capa de hormigón o mortero adherido al FRP, lo que indica una buena adherencia entre el hormigón y el FRP.

Existe diferencia en la manera de determinar la deformación última efectiva del FRP ( $\epsilon_{uj}$ ), Lam y Teng, 2003, proponen que la deformación a tracción del material, (valor proporcionado por el fabricante), debe ser multiplicado por un factor de eficacia  $k_e=0.586$ , para muestras circulares. El código ACI 440.2R-08, limita la deformación última efectiva del FRP,

a un valor 0,004. La FIB 2001 BULLETIN 14, recomienda que la deformación última efectiva del FRP, sea justificado experimentalmente.

Se observó que, con una capa de confinamiento, la resistencia calculada es similar a la experimental, pero a medida que se incrementa las capas de confinamiento, los resultados de las predicciones son más conservadores, se observó que con cinco capas de confinamiento la mayoría de los modelos de predicción calculaban resistencias menores a las experimentales.

De la misma manera a medida que se incrementa las capas de confinamiento de FRP, el ajuste de la deformación longitudinal, respecto a los valores experimentales es menor.

El comportamiento de la curva tensión-deformación de los modelos analíticos, es similar en la primera región con la curva experimental, en la segunda región difiere la pendiente de la curva experimental, respecto a los modelos predictivos. El modelo que más se asemeja a la curva experimental, es el modelo de Samaan et. al 1998.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACI 440.2R-08 (2008). Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures. American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.
- ASTM-C469 (2010). Método Estándar de Ensayo para Módulo de Elasticidad Estático y Relación de Poisson del Concreto en Compresión. American Society for Testing and Materials.
- Arteaga A. y A. de Diego, (2007) "Refuerzo de estructuras de hormigón con materiales compuestos" en Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Madrid España. Marzo de 2007.

- Avilés, G. (2002) Estudio Experimental Sobre el Refuerzo a Cortante de Estructuras de Hormigón Mediante Materiales Compuestos. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería de la Construcción. Universidad Politécnica de Cataluña
- Chambi, J. (2012) Caracterización Estadística de los Modelos de Confinamiento y Determinación de Coeficientes Parciales de Seguridad para el Refuerzo de Pilas de Puentes de Hormigón Mediante Materiales Compuestos (CFRP). Tesis Doctoral. Barcelona, Departamento de Resistencia de Materiales y Estructuras, Universidad Politécnica de Cataluña.
- De Lorenzis, L. (2001). A comparative Study of Model on Confinement of Concrete Cylinders with FRP composites. Tesis Doctoral. Department of Innovation Engineering, University of Lecce. Italy
- Del Rio, A. (2008). Patología, Reparación y Refuerzo de Estructuras de Hormigón Armado de Edificación. E.T.S. Arquitectura Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Madrid, España
- FIB Bulletin 14 (2001). Externally bonded FRP reinforcement for RC structures. Task Group 9.3 FRP Reinforcement for Concrete Structures. Fédération Internationale du Béton. Lausanne
- Hull, D. (1987). Materiales Compuestos. Editorial Reverte S.A. Barcelona.
- Lam, L. y J. Teng, (2003) "Design-Oriented Stress-Strain Model for FRP-Confined Concrete in Rectangular Columns" en Journal of Reinforced Plastic and Composites. Volumen 22, N° 13, pp. 1149-1186.
- Mander, J.; Priestley, M. y R. Park, (1988) "Theoretical stress-strain model for confiner concrete" en ASCE Journal of Structural Engineering. Volumen 114, N° 8, pp. 1804-1826.
- Mirmiriam, A. y M. Shahawy, (1997) "Behavior of concrete columns confined\*\*\* by fiber composites" en ASCE Journal of Structural Engineering. Volumen 123, N° 5, pp. 583-590.
- Peña, C. y M. Ehsani, (2008) "Uso de Telas Polímeras Reforzadas con Fibras (FRP) para la Rehabilitación y Refuerzo de Infraestructura y Edificaciones." Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural. XVI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural. Veracruz, Ver. 2008.
- Pulido, M. y J. Sobrino, (1998) "Criterios de Diseño para el Refuerzo de Estructuras con Materiales Compuestos con fibras de Carbono. Casos Prácticos" en Ingeniería N° 237 Universidad de los Andes.
- Rougier, V: (2003) Confinamiento de Columnas de Hormigón con Materiales Compuestos. Tesis de Maestría. Tucuman, Universidad Nacional de Tucuman.
- Saadatmanesh, H.; Ehsani, M. y M. Li (1994) "Strength and ductility of concrete columns externally reinforced with fiber composite straps" en ACI Structural Journal. Volumen 91, N° 4, pp. 434-447.
- Samaan, M.; Mirmiran, A. y M. Shahawy (1998) "Model of concrete confined by fiber composites" en ASCE Journal of Structural Engineering. Volumen 124, N° 9, pp. 1025-1031.
- Sika, (2013) Técnicas de refuerzo y Reparación con Materiales Compuestos. Sika Group
- Spoelstra, M. y G. Monti (1999) "FRP-Confined concrete model" en ASCE Journal of Composites for Construction. Volumen 3, N° 3, pp. 143-150.
- Teng, J.; Jiang, T.; Lam, L. y Y. Luo (2009) "Refinement of a Design-Oriented Stress-Strain Model for FRP-Confined Concrete" en Journal of Composites for Construction. Volumen 13, N° 4, pp. 269-278.
- Toutanji, H. (1999) "Stress-strain characteristics of concrete columns externally confined with advanced fiber composite sheets" en ACI Materials Jour-

nal. Volumen 96, N° 3, pp. 397-404.

☛ Wu, G.; Lü, Z. y Z. Wu (2005) "Strength and ductility of concrete cylinders confined with FRP composites" en *Construction and Building Materials*. Volumen 20, N° 3, pp. 134-148.

☛ Wu y Zhou (2010) "Unified strength model based on Hoek-Brown failure criterion for circular and square concrete columns confined by FRP". en *ASCE Journal of Material in Civil Engineering*. Volumen 14, N° 2, pp. 175-184

