

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE  
CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**



**DISEÑO DE LÍNEA BASE PARA INDICADORES AMBIENTALES  
EN PLANTA HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA, SAN MIGUEL  
TUCURÚ, ALTA VERAPAZ**

**HOLGER KIYOSHI KHAOSAI PONCE FIGUEROA**

**COBÁN, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE DE 2016.**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE  
CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**DISEÑO DE LÍNEA BASE PARA INDICADORES AMBIENTALES  
EN PLANTA HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA, SAN MIGUEL  
TUCURÚ, ALTA VERAPAZ**

**PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE**

**POR:  
HOLGER KIYOSHI KHAOSAI PONCE FIGUEROA  
CARNÉ 201140335**

**COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

**COBÁN, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE DE 2016.**

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

### **RECTOR MAGNÍFICO**

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

### **CONSEJO DIRECTIVO**

PRESIDENTE: Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales  
SECRETARIO: Ing. Geól. César Fernando Monterroso Rey  
REPRESENTANTE DOCENTES: Lcda. Floricelda Chiquin Yoj  
REPRESENTANTE EGRESADOS: Lic. admon. Fredy Fernando Lemus Morales  
REPRESENTANTES ESTUDIANTILES: Br. Fredy Enrique Gereda Milián  
PEM. César Oswaldo Bol Cú

### **COORDINADOR ACADÉMICO**

Ing. Ind. Francisco David Ruiz Herrera

### **COORDINADOR DE LA CARRERA**

Ing. Agr. Julio Oswaldo Mendez Morales

### **COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN**

COORDINADOR: Ing. Agr. M.A. Marcos Rafael Flores Delgado  
SECRETARIA: Ing. Qca. Karen Elizabeth Vásquez Villeda  
VOCAL: Ing. Agr. Julio Oswaldo Mendez Morales

### **REVISORA DE REDACCIÓN Y ESTILO**

Lcda. T.S. Nadia Mariana Muñoz Castro

### **REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Ing. Geól. Walter Magareth González Veliz

### **ASESOR TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Ing. Agr. Nery Alejandro Chocooj Barrientos

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



**CENTRO UNIVERSITARIO  
DEL NORTE (CUNOR)  
CARRERA IGAL**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz,  
PBX: 79 566600 Ext. 224  
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.  
Guatemala, C. A.  
c. e.: [igal\\_cunor@hotmail.com](mailto:igal_cunor@hotmail.com)

Ref. No. 15-IGAL-128-2016

Cobán, 07 de septiembre 2016

Señores Miembros  
Comisión de Trabajos de Graduación  
Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
Centro Universitario del Norte –CUNOR–  
Cobán Alta Verapaz

Respetables señores:

Atentamente hago de su conocimiento, que he finalizado la asesoría del trabajo de graduación titulado: *Diseño de línea base para indicadores ambientales en Planta Hidroeléctrica Santa Teresa, San Miguel Tucurú, Alta Verapaz*, elaborado por el estudiante Holger Kiyoshi Khaosai Ponce Figueroa, carné número 201140335 .

Por lo anterior, solicito se envíe a donde corresponda, para el trámite correspondiente.  
Atentamente.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Agr. Nery Alejandro Chocooj Barrientos  
Docente asesor



c. c. Archivo.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



**CENTRO UNIVERSITARIO  
DEL NORTE (CUNOR)  
CARRERA IGAL**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz,  
PBX: 79 566600 Ext. 224  
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.  
Guatemala, C. A.  
c. e.: [igal\\_cunor@hotmail.com](mailto:igal_cunor@hotmail.com)

Ref. No. 15-IGAL-129-2016

Cobán, 12 de septiembre 2016

Señores Miembros  
Comisión de Trabajos de Graduación  
Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
Centro Universitario del Norte –CUNOR–  
Cobán Alta Verapaz

Respetables señores:

Atentamente hago de su conocimiento, que he finalizado la revisión del trabajo de graduación titulado: *Diseño de Línea base para indicadores Ambientales en Planta Hidroeléctrica Santa Teresa, San Miguel Tucurú, Alta Verapaz*, elaborado por el estudiante Holger Kiyoshi Khaosai Ponce Figueroa, carné número 201140335.

Tomando en cuenta que se cumplió con la revisión; respetuosamente solicito darle el trámite correspondiente, para los efectos consiguientes.

Atentamente.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Geólogo Walter Gonzales  
Docente Revisor



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



CENTRO UNIVERSITARIO  
DEL NORTE (CUNOR)  
CARRERA IGAL

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz,  
PBX: 79 566600 Ext. 224  
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.  
Guatemala, C. A.  
c. e.: [igal\\_cunor@hotmail.com](mailto:igal_cunor@hotmail.com)

Ref. No. 15-IGAL-130-2016

Cobán, 30 de septiembre 2016

Señores Miembros  
Comisión de Trabajos de Graduación  
Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
Centro Universitario del Norte –CUNOR-  
Cobán Alta Verapaz

Respetables señores:

Atentamente hago de su conocimiento, que he finalizado la revisión en cuanto a redacción y estilo del trabajo de graduación titulado: *Diseño de línea base para indicadores ambientales en Planta Hidroeléctrica Santa Teresa, San Miguel Tucurú, Alta Verapaz*, elaborado por el estudiante Holger Kiyoshi Khaosai Ponce Figueroa, carné número 201140335.

El trabajo en mención cumple con los requisitos establecidos por el Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos de Guatemala; por tanto, se remite a esa instancia para que continúe con el trámite correspondiente.

Atentamente.

"Id y Enseñad a Todos"

  
Lcda. T. S. Nadia Mariana Muñoz Castro  
Revisora de Redacción y Estilo



c. c. Archivo.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



**CENTRO UNIVERSITARIO  
DEL NORTE (CUNOR)  
CARRERA IGAL**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz  
PBX: 79 566600 Ext. 224  
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.  
Guatemala, C. A.  
c. e.: [igal\\_cunor@hotmail.com](mailto:igal_cunor@hotmail.com)

Ref. No. 15-IGAL-135-2016

Cobán, 30 de septiembre 2016

Licenciado  
Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales  
Director del CUNOR  
Cobán Alta Verapaz

Licenciado Eskenasy:

Luego de conocer los dictámenes favorables del asesor, revisor de trabajos de graduación y de la revisora de redacción y estilo; esta Comisión da el visto bueno al trabajo de graduación titulado: *Diseño de línea base para indicadores ambientales en Planta Hidroeléctrica Santa Teresa, San Miguel Tucurú, Alta Verapaz*, elaborado por el estudiante Holger Kiyoshi Khaosai Ponce Figueroa, carné número 201140335, previo a optar al título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local:

Atentamente.

**“Id y Enseñad a Todos”**

Ing. Agr. M. A. Marcos Rafael Flores Delgado  
Coordinador Comisión de Trabajos de Graduación



c. c. coordinación académica, archivo.

## HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado: "Diseño de línea base para indicadores ambientales en planta hidroeléctrica Santa Teresa, San Miguel Tucurú, Alta Verapaz."; como requisito previo a optar al título profesional de Ingeniero en Gestión Ambiental Local.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "HOLGER PONCE", with a large, stylized flourish extending to the right.

Holger Kiyoshi Khaosai Ponce Figueroa  
Carne: 201140335

## **RESPONSABILIDAD**

“La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es: Del estudiante que opta al título, del asesor y del revisor; la Comisión de Redacción y Estilo de cada carrera, es la responsable de la estructura y la forma”.

Aprobado en punto SEGUNDO, inciso 2 .4, subinciso 2.4.1 del Acta No. 17-2012 de Sesión extraordinaria de Consejo Directivo de fecha 18 de julio del año 2012.

## DEDICATORIA:

- Mi mamá** Por brindarme ese apoyo incondicional aunque mis decisiones no fueran las mejores. Esa confianza que me brindaste me ayudó a vencer mis miedos y lograr siempre tener tu valentía. ¡MUCHAS GRACIAS!
- Mi papá** Por enseñarme desde muy pequeño esa disciplina y puntualidad que lo caracterizan, enseñarme que los golpes más duros de la vida son el impulso para cumplir nuestras metas, siempre buscando la perfección. GRACIAS MAESTRO.
- Hermanas** Katleen y Topacio, porque sin ellas no lo hubiera conseguido, el aliento y la inspiración que me dieron cada día fueron primordial para lograrlo.
- Holger** Mi segundo papá, “Que falta me hace mi padre, a cada paso que doy... Como lo voy a olvidar, siempre lo tengo presente”, y quiero decirte lo que hace algunos años fueron tus últimas palabras “Te amo con toda mi alma”.
- Nora** Gracias por esos pequeños detalles que se convirtieron en infinitas ayudas para que lograra la meta de ser profesional. No tengo como devolverte todo lo que has hecho por mí.
- Sandra** Quien incondicionalmente me acompaño y siempre tuvo palabras, comentarios y gestos que me alentaron a iniciar, continuar y culminar este proceso de la mejor manera. Gracias por tu apoyo y sobre todo, por la paciencia en mis ataques de locura. *“I’m never so high as when I’m with you”*.
- Zoe** Aunque a tu corta edad no comprendas esto, me has enseñado a sentir un gran aprecio por ese pequeño ser que derrocha felicidad. Llegaste a cambiar mi mundo y el de mi familia.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Carlos Mérida** El apoyo brindado hacia mi persona y ese último impulso que me ha dado para poder culminar tan importante peldaño en mi vida, es algo que no se puede devolver. Gracias por ser de esas personas que marcan la vida de alguien, en este caso la mía. Gracias por las oportunidades brindadas y la confianza. Sin usted esto no sería posible.

**Nery Chocooj** Gracias por las enseñanzas en este camino y por la preparación profesional que me proporciono.

**Huelga de Dolores** Ese movimiento estudiantil que me enseñó tanto y me dio tantas alegrías. Llevare en el corazón por siempre la capucha gris y negro.

**USAC** Por la formación que me ha brindado, convertirme en un profesional y ser la única y verdadera universidad de Guatemala.

Mis compañeros de trabajo de Hidroeléctrica Santa Teresa, muchas gracias por aceptarme como parte de la familia de “Teresianos”, en especial a Pedro Batres, Oscar Buenafé, Berny Ajcam y Reginaldo Chub.

*“Aut inveniam viam aut faciam”*

(Voy a encontrar un camino, o a hacer uno)

**Holger Ponce**

## ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE CONTENIDOS	i
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	iv
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE GRÁFICAS	v
ÍNDICE DE MAPAS	vi
ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS	vii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1

### CAPÍTULO 1 EL CONTEXTO

1.1	Situación nacional	3
1.2	Situación regional	5
1.3	Situación local	6
	1.3.1 Etimología	8
	1.3.2 Historia	8
	1.3.3 Localización	10
	1.3.4 Extensión territorial	10
	1.3.5 Coordenadas geográficas	10
	1.3.6 Límites geográficos	11
1.4	Situación actual	11

### CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA

2.1	Localización geográfica y cartográfica de la planta hidroeléctrica Santa Teresa, San Miguel Tucurú, Alta Verapaz	13
2.2	Vías de acceso	14
2.3	Definición del problema	16
2.4	Objetivos	17
	2.4.1 General	17
	2.4.2 Específicos	17

2.5	Justificación	17
2.6	Tipo de investigación	19
2.7	Aspecto metodológico	20
2.8	La muestra	21
2.9	Recopilación y análisis bibliográfico	25
2.10	Trabajo de campo	25
2.10.1	Energía eléctrica	26
2.10.2	Agua entubada	28
2.10.3	Áreas intervenidas y áreas reforestadas	29
2.10.4	Combustibles fósiles	29
2.10.5	Consumo de papel	30
2.10.6	Residuos sólidos y líquidos	31
2.11	Gabinete	32
2.12	Elaboración y edición del documento	33

## **CAPÍTULO 3**

### **MARCO TEÓRICO: INDICADORES AMBIENTALES**

3.1	Antecedentes	35
3.1.1	Ventaja de los indicadores ambientales	40
3.1.2	Clasificación de indicadores medioambientales	44
3.1.3	Procedimiento para establecer indicadores en una empresa	48
3.1.4	Tipos de indicadores medioambientales	53
3.1.5	Indicadores absolutos y relativos	54
3.1.6	Indicadores de empresa, centro de trabajo y de proceso	55
3.1.7	Indicadores relacionados con la cantidad y con el coste	56
3.1.8	Determinación de las metas medioambientales cuantificables	58
3.1.9	Documentación de la mejora continua	60
3.1.10	Comportamiento medioambiental	61
3.1.11	Análisis de situación/inventario	63
3.1.12	Establecimiento del sistema de indicadores	65
3.1.13	Aplicación de indicadores en la empresa	67
3.2	Revisión de literatura	69
3.2.1	Concepto de indicador ambiental	69
a)	Concepto previo: indicadores ambientales	69
b)	Que son los indicadores ambientales	75
c)	Marco de presentación de los sistemas de indicadores ambientales	80
d)	Esquema Presión-Estado-Respuesta (PER)	83

e) Indicadores de presión	84
f) Indicadores de estado	85
g) Indicadores de respuesta	87

## **CAPÍTULO 4**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1 Indicadores de gestión ambiental en planta hidroeléctrica Santa Teresa	89
4.2 Energía eléctrica	90
4.2.1 Campamento San Enrique	90
a. Análisis y discusión de resultados	92
4.2.2 Presa	93
a. Análisis y discusión de resultados	95
4.2.3 Casa de máquinas	96
a. Análisis y discusión de resultados	97
4.3 Agua entubada	98
4.3.1 Campamento San Enrique	98
a. Análisis y discusión de resultados	98
4.4 Áreas intervenidas y reforestadas	100
4.4.1 Análisis y discusión de resultados	102
4.5 Consumo de papel	103
4.5.1 Análisis y discusión de resultados	107
4.6 Residuos sólidos y líquidos	107
4.6.1 Análisis y discusión de resultados	109
4.7 Combustibles fósiles	111
4.7.1 Análisis y discusión de resultados	112

### **PROPUESTAS**

Propuestas	115
------------	-----

### **CONCLUSIONES**

Conclusión General	117
Conclusiones específicas	118

### **RECOMENDACIONES**

Recomendaciones	121
-----------------	-----

## BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía	123
--------------	-----

## ANEXOS

Anexo I	Descripción de consumo de energía eléctrica	127
Anexo II	Mapa de reforestaciones	130
Anexo III	Estadística descriptiva, caracterización de residuos	133
Anexo IV	Consumos de papel	135

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

1	Ubicación de la planta hidroeléctrica Santa Teresa del Polochic	14
2	Vías de acceso al área de estudio, desde Cobán Alta Verapaz	15
3	Factura consumo de energía eléctrica, campamento San Enrique, julio de 2015, hidroeléctrica Santa Teresa	127
4	Factura consumo de energía eléctrica, presa, diciembre de 2015, hidroeléctrica Santa Teresa	128
5	Contador de impresiones, enero 2016, hidroeléctrica Santa Teresa	135
6	Contador de impresiones, junio 2016, hidroeléctrica Santa Teresa	135

## ÍNDICE DE CUADROS

1	Matriz de seguimiento para el diseño de línea base sobre indicadores ambientales en planta hidroeléctrica Santa Teresa	22
2	Consumo de energía eléctrica en campamento San Enrique, hidroeléctrica Santa Teresa, año 2015	91
3	Consumo de energía eléctrica en campamento San Enrique, hidroeléctrica Santa Teresa, año 2016	92
4	Consumo de energía eléctrica en Presa, hidroeléctrica Santa Teresa, año 2015	94
5	Consumo de energía eléctrica en Presa, hidroeléctrica Santa Teresa, año 2016	95
6	Consumo de energía eléctrica en Casa de Máquinas, hidroeléctrica Santa Teresa, año 2015	96
7	Consumo de energía eléctrica en Casa de Máquinas, hidroeléctrica Santa Teresa, año 2016	97
8	Consumo de agua entubada en campamento San Enrique, hidroeléctrica Santa Teresa, año 2016	98
9	Áreas totales, hidroeléctrica Santa Teresa	101

10	Áreas reforestadas por año, hidroeléctrica Santa Teresa	101
11	Impresiones por tipo, campamento San Enrique, hidroeléctrica Santa Teresa, año 2015	104
12	Impresiones por tipo, campamento San Enrique, hidroeléctrica Santa Teresa, año 2016	104
13	Impresiones en blanco y negro, casa de máquinas, hidroeléctrica Santa Teresa, año 2015	105
14	Impresiones en blanco y negro, casa de máquinas, hidroeléctrica Santa Teresa, año 2016	105
15	Compra de hojas por resma y cantidad individual, hidroeléctrica Santa Teresa, año 2015	106
16	Compra de hojas por resma y cantidad individual, hidroeléctrica Santa Teresa, año 2016	106
17	Pesos por mes de residuos, hidroeléctrica Santa Teresa	108
18	Pesos por código y por mes de residuos, hidroeléctrica Santa Teresa	108
19	Rendimiento de vehículos, hidroeléctrica Santa Teresa	112
20	Emisiones de dióxido de carbono mediante consumo de energía eléctrica, campamento san enrique 2015, hidroeléctrica Santa Teresa	129
21	Cobertura de caminos, hidroeléctrica Santa Teresa	132

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

1	Clasificación de indicadores ambientales para una empresa	45
2	Método para establecer indicadores ambientales	52
3	Tipos de indicadores medioambientales	53
4	Tipos de indicadores según ISO 14031	79
5	Componentes de los indicadores de respuesta	80
6	Modelo Presión-Estado-Respuesta	81
7	Modelo FPEIR	82
8	Enfoque presión, estado y respuesta	84
9	Componentes de los indicadores de presión	85
10	Componentes de los indicadores de estado	86
11	Componentes de los indicadores de respuesta	87
12	Consumo de agua entubada en m <sup>3</sup> por mes dentro de Campamento San Enrique, hidroeléctrica Santa Teresa, año 2016	99
13	Consumo de agua entubada en M <sup>3</sup> por persona al mes, dentro de Campamento San Enrique, hidroeléctrica Santa Teresa, año 2016	100
14	Pesos por código, hidroeléctrica Santa Teresa, año 2016	109
15	Consumo de energía eléctrica, presa 2016, hidroeléctrica Santa Teresa	129
16	Producción de residuos por tipo, enero 2016, hidroeléctrica Santa Teresa	133

17	Suma de pesos (libras) por área donde fue generado, marzo 2016, hidroeléctrica Santa Teresa.	133
18	Suma de pesos por tipo, mayo 2016, hidroeléctrica Santa Teresa	134
19	Suma de pesos por tipo, marzo 2016, hidroeléctrica Santa Teresa	134

## **ÍNDICE DE MAPAS**

1	Municipio de San Miguel Tucurú, Alta Verapaz, Localización	7
2	Áreas reforestadas, planta hidroeléctrica Santa Teresa	102
3	Reforestación 1992, hidroeléctrica Santa Teresa	130
4	Reforestación 2008, hidroeléctrica Santa Teresa	130
5	Reforestación 2013, hidroeléctrica Santa Teresa	131
6	Reforestación 2014, hidroeléctrica Santa Teresa	131
7	Reforestación 2015, hidroeléctrica Santa Teresa	132

## ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

<b>AEMA</b>	Agencia Europea de Medio Ambiente
<b>CUNOR</b>	Centro Universitario del Norte
<b>DIN</b>	<i>Deutsches Institut für Normung</i> (Instituto Alemán de Normalización)
<b>E</b>	Este
<b>EMAS</b>	<i>Eco-Management and Audit Scheme</i> (Reglamento Comunitario de Ecogestión y Ecoauditoría)
<b>EPE</b>	<i>Environmental Performance Evaluation</i> (Evaluación del Comportamiento Ambiental)
<b>FPEIR</b>	Fuerzas Motrices-Presión-Estado-Impacto-Respuesta
<b>GEI</b>	Gases de Efecto Invernadero
<b>GPS</b>	<i>Global Positioning System</i> (Sistema de Posicionamiento Global)
<b>IDH</b>	Índice de Desarrollo Humano
<b>IFEN</b>	<i>Institut Français de l'Environnement</i> (Instituto Francés de ambiente)
<b>ISO</b>	<i>International Organization for Standardization</i> (Organización Internacional de Estandarización)
<b>Km</b>	Kilómetro
<b>Kw</b>	Kilovatio
<b>M3</b>	Metros cúbicos
<b>MPI</b>	<i>Management Performance Indicator</i> (Indicador de desempeño de la gestión).
<b>Mw</b>	Megavatio
<b>N</b>	Norte
<b>O</b>	Oeste
<b>OCDE</b>	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
<b>OPI</b>	<i>Operation Performance Indicator</i> (indicadores operacionales)
<b>PIB</b>	Producto Interno Bruto
<b>PER</b>	Presión-Estado-Respuesta
<b>RN</b>	Ruta Nacional
<b>Km</b>	Kilometro
<b>RN</b>	Ruta Nacional
<b>SGMA</b>	Sistema de Gestión Medio Ambiental
<b>SIG</b>	Sistema de Información Geográfico
<b>UTM</b>	Universal Transverse Mercator (Universal Transversal de Mercator)
<b>USAC</b>	Universidad de San Carlos de Guatemala
<b>WGS84</b>	<i>World Geodetic System 84</i> (Sistema Geodésico Mundial 1984).



## **RESUMEN**

En los últimos años, se han impulsado numerosos programas orientados a contribuir con la implementación de una nueva y necesaria manera de enfrentar el desarrollo económico y social de los conglomerados humanos; dichos programas han sido formulados para que las personas a nivel mundial asuman sus consecuencias de una manera responsable con el medioambiente y entendiendo que repercuten en el entorno natural todas nuestras acciones, todo lo anterior buscando el desarrollo económico y social, sin comprometer a las generaciones futuras. Esto se denomina “Desarrollo Sostenible”.

Todas estas iniciativas, planteadas de una manera técnica y objetiva, tienen como elemento común la utilización de indicadores ambientales que se postulan para evaluar e interpretar las condiciones y tendencias en las características registradas en el entorno geográfico desde que son propuestas.

Para colaborar con el tema de indicadores ambientales, fueron analizados distintos sectores y departamentos dentro de la planta hidroeléctrica Santa Teresa, con el fin de determinar el desempeño ambiental de las actividades de operación y mantenimiento llevadas a cabo en la generación de energía eléctrica. Tomando en cuenta información que ya se tenía recabada, pero que no era analizada con un fin determinado.

Con lo anterior, se realizó una recopilación de información del año 2015 y primer semestre del año 2016 en cuanto a consumo de energía eléctrica en las distintas áreas de la planta, consumo de combustibles por parte de los distintos vehículos utilizados, pesaje de residuos producidos en las distintas áreas, consumo de agua entubada per cápita y la utilización de papel en el mismo espacio de tiempo.

Para finalmente poder procesar estos datos se realizaron hojas metodológicas en las cuales fueron recopilados los distintos parámetros medidos para poder generar los resultados y la discusión de los mismos. Llegando a la conclusión final de que la operación de una planta hidroeléctrica no representa un impacto mayor al de una vivienda familiar, ya que los residuos que allí se producen o los materiales utilizados no son dispuestos de manera incorrecta.

## INTRODUCCIÓN

El presente estudio técnico de trabajo de graduación de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, pretende ofrecer una visión general del papel de los indicadores ambientales como herramientas básicas en el suministro de información ambiental y su utilización en el seguimiento y evaluación de las políticas de integración. Esta información se complementa, además, con nociones muy generales sobre los indicadores ambientales, los cuales son variados, paulatinos y evolutivos en su construcción y aplicación a los distintos sistemas naturales (edáfico, atmosférico, lítico, hídrico, etc).

La línea base para indicadores ambientales en planta hidroeléctrica Santa Teresa constituye un primer acercamiento sobre los lineamientos básicos para el establecimiento, a nivel institucional, de un sistema de indicadores ambientales, orientado a desarrollar evaluaciones sistemáticas de la situación ambiental. La propuesta de formatos planteada es una identificación de indicadores ambientales opcional que pueda ser utilizada por futuros profesionales ambientales que se guíen el departamento de medioambiente de la planta hidroeléctrica Santa Teresa y que de esta forma se pueda crear un sistema de indicadores ambientales que sean la solución para medir el impacto negativo y positivo de una actividad de generación de energía eléctrica de distintas magnitudes pero con procesos con características similares.

La generación de datos informativos sobre la operación de este tipo de proyectos, es importante para que la sociedad conozca de todos estos datos claros y entendibles en un lenguaje que puedan comprender por sí mismos y construir de forma individual un criterio propio para aceptar o denegar este tipo de actividades.

Con la generación de información ambiental sobre el estado actual del ambiente, se pueden crear programas de gestión ambiental, que ayuden al mejoramiento en el futuro, de los recursos naturales y el uso racional de los mismos, para garantizar el tan ansiado desarrollo sostenible; el cual indica que se deben de utilizar los recursos naturales sin comprometer a las generaciones futuras.

Al considerar los distintos papeles que juegan las empresas de generación de energía eléctrica y la responsabilidad social empresarial, es importante generar esta información de carácter público hacia los sectores de la sociedad que buscan satisfacer las necesidades de los distintos estratos sociales.

# CAPÍTULO 1

## EL CONTEXTO

### 1.1 Situación nacional

En los últimos años la matriz energética en Guatemala ha variado en precio, capacidad instalada, diversidad de fuentes de generación y tecnología en la transmisión de potencia entre otros factores. Desde el año 1996 cuando se abrió el mercado energético al capital privado, se amplió la variedad de plantas generadoras en el país.

Según la organización de las Naciones Unidas Guatemala es un país que cuenta con una gran cantidad de recursos naturales de tipo renovable, los cuales tienen un gran potencial energético; la fuente energética de mayor demanda en el país es la leña; dicha organización estimó que la cobertura forestal del país alcanza los 37 000 km<sup>2</sup>, o sea, un 34% de la superficie nacional, con una tasa de deforestación de 2,1% anual.

En Guatemala se utiliza la biomasa en diversas formas, tal es el caso de la leña, bagazo de caña, biodigestión y otras. El balance energético nacional presentado por las Naciones Unidas muestra que en el consumo nacional de energía, la leña constituye el 63% del consumo final de energía. Le sigue en importancia el diesel con el 12%; las gasolinas representan el 8%; seguidamente están el fuel oil y la electricidad con el 4% respectivamente, y finalmente el bagazo de caña y el gas licuado de petróleo, gas propano, con el 3%.

El alto consumo de leña obedece a que la mayor parte de la población vive en el área rural, siendo en su mayoría de escasos recursos económicos, lo que les impide tener acceso y disponibilidad a otras fuentes energéticas. Además, existe una tradición cultural que se refleja en los hábitos alimenticios: la utilización del tipo de estufa denominada: tres piedras, para cocinar, las ollas de barro adecuadas para este fuego abierto, el sabor de los alimentos y la relativa disponibilidad del recurso.

La leña como combustible es utilizada en forma ineficiente, por cuanto el 81% de los hogares que la consumen, utilizan la estufa de tres piedras, la cual desaprovecha casi el 90% de la energía consumida. Cabe mencionar en este punto que en los poblados con bajas temperaturas, el calor que desaprovecha este tipo de estufa, es aprovechado para mantener una temperatura confortable en el interior de las viviendas.

En materia de biodigestión anaeróbica, se han construido alrededor de 800 biodigestores tipo familiar en el área rural, pero éstos no han sido operados correctamente, se han aprovechado los beneficios del bioabono más que los propiamente energéticos. La mayoría de estos biodigestores son de tipo chino. La única fuente biomásica que se ha utilizado para la producción de energía eléctrica en Guatemala, ha sido el bagazo de caña de azúcar.

Guatemala depende en un 80% de la energía eléctrica que le provee el sector público, el Instituto Guatemalteco de Electrificación y la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A., que suministra en conjunto alrededor de 542 Mw. Por otro lado, el sector privado colabora con el restante 20%, que son 1,976 Mw en el año 2015, totalizando 2,518 Mw de potencia disponible para el país.

“La capacidad instalada de generación con recursos renovables se registró en el 2014 en 56.94%, encabezados por las hidroeléctricas (con 951.71 Mw que significan 37% de total de parque energético del país) y la biomasa, 18.41% (473.21 Mw).

En el 2015, subió el volumen de las generadoras renovables a 59.16%, de la mano de ambas tecnologías, pero también aparecen la energía solar y la eólica con 1.87% y 1.68%, respectivamente. Aunque las hidroeléctricas subieron a 985.67 Mw, su participación dentro de la matriz bajó a 33.51%. Con lo que cabe mencionar que en todo el territorio nacional, se encuentran instaladas y en plena operación 26 hidroeléctricas de distintas capacidades.”<sup>1</sup>

Con todo lo anterior, es evidente la expansión de fuentes de generación para energía eléctrica con fuentes renovables, y el impacto positivo que han tenido en aumentar la matriz energética a nivel nacional, y con todo ello poder cubrir la demanda nacional en la utilización de energía eléctrica de los distintos sectores.

## **1.2 Situación regional**

Conociendo la actividad a nivel nacional sobre la generación de energía eléctrica por medio de hidroeléctricas, la situación a nivel regional en los últimos años ha venido evolucionando en temas de desarrollo, comprendiendo conflictividad social y la intención de colocar nuevas hidroeléctricas en la región de las Verapaces, por su alto nivel de producción con fuentes hídricas, es un tema en el cual se deben de tratar aspectos sociales, económicos pero sobre todo el tema ambiental.

---

<sup>1</sup> *Prensa Libre* (Guatemala) 06 de Julio de 2015.

La Hidroeléctrica Chixoy se localiza entre Alta Verapaz, Baja Verapaz y Quiché, que opera desde 1983 y es la más grande en Guatemala hasta la actualidad; dicha planta se conecta durante el día a una red eléctrica regional. Por ejemplo, Guatemala tiene una cobertura del 99.95 por ciento, con lo que se beneficia a unos 921 mil 850 usuarios. Mientras que en Alta Verapaz, se atiende a 85 mil 016 usuarios, lo que equivale a un 44.09 por ciento del departamento.

El departamento de Alta Verapaz es el que cuenta con la mayor cantidad de hidroeléctricas a nivel nacional, estas en conjunto tienen capacidad para generar 402.1 megavatios que en la actualidad están operando, 265.97 Mw que están en construcción, 37.25 Mw de las cuales no se ha empezado la construcción y 18.23 Mw con autorización en trámite.

Esto refleja claramente el fuerte potencial con el que cuenta la región de las verapaces para producción de energía eléctrica a base de fuentes renovables, y la importancia que pueden tener si son llevadas con los ejes del desarrollo sostenible: economía, sociedad y ambiente.

### **1.3 Situación local**

En esta descripción, es en donde nos enfocamos al objeto de estudio, la planta hidroeléctrica Santa Teresa del Polochic, es parte de la corporación multi-inversiones, específicamente de la división de energía; dicha corporación posee hasta la fecha en operación Renace 1, Renace 2 y Santa Teresa, que juntas aportan al sistema nacional 196 Mw de energía eléctrica. Y se tiene proyectado para el año 2020 contar con Renace 3, 4 y 5 y juntas ser el complejo más grande de Guatemala, desplazando a Chixoy.

Como punto principal se comienza haciendo una descripción del municipio de San Miguel Tucurú del departamento de Alta Verapaz, ya que es en tal municipio en donde se encuentra ubicada la planta hidroeléctrica Santa Teresa.

## MAPA 1

### MUNICIPIO DE SAN MIGUEL TUCURÚ, ALTA VERAPAZ, LOCALIZACIÓN



**Fuente:** Instituto Nacional de Estadística -INE-, 2009.

### 1.3.1 Etimología

“En algunos idiomas indígenas como el quiché, el cakchiquél y pocom la palabra Tucur significa tecolote. La palabra Tukurú se divide en dos: - Tucur que significa tecolote y el sufijo con acento u como una variante del sufijo común para el plural. Originalmente el término para llamar al pueblo era Tukurub”.<sup>2</sup>

### 1.3.2 Historia

La historia de este municipio se remonta a la época precolombina; según el Popol Vuh, en el cual aparece una referencia que hace mención de los Tukur, los cuales son mensajeros de los señores de Xibalbá, cuyo pueblo era Tukurub. En algunas obras del arzobispo Cortes y Larraz, se describe la actual cabecera municipal como San Miguel Tukurú y que pertenecía al municipio de Tactic, Alta Verapaz. A cargo de los frailes dominicos bajo la canóniga de San Cristóbal Verapaz. Los Tukurub fundaron el pueblo de Ah Tukurub. También mencionado en el título real de don Francisco Ixquín Nehaíb, en 1558.

San Miguel Tukurú fue fundado en 1558, según estas obras, sin embargo, no se cuenta con una fecha exacta. Tukurú es tan antigua como la historia Maya, ya que como se aclaró, se menciona en el libro sagrado Popol Vuh (Tukurub), y fue localizado hace más de 500 años por los españoles, siendo los primeros en llegar los Sacerdotes Católicos de la orden de Santo Domingo de Guzmán, quienes lo llamaron San Miguel Tukurú.

---

<sup>2</sup>Tukurú, *Breve reseña histórica*. 2010. <http://www.guatelog.com/log/175/Tucuru.html>. Electrónica (15 de marzo del 2014) .

“El 7 de noviembre de 1,821 para elección de diputados al congreso de las provincias unidas de Guatemala, conforme publicado por el archivo general de Centroamérica, San Miguel Tucurú apareció como perteneciente de Salamá. Al distribuirse los pueblos del estado para la administración de justicia por el sistema de jurados, conforme al decreto de la Asamblea del 27 de agosto 1,836 citado en su recopilación de leyes por Pineda Mont, se adscribió al circuito de Cobán como San Miguel Tucurú y la Asamblea Constituyente, al hacer la división territorial de los departamento y provincias del Estado de Guatemala, por medio del Decreto No, 43 del 9 de septiembre de 1,839 coloca a San Miguel Tucurú entre los pueblos que integran el departamento de Alta Verapaz.”<sup>3</sup>

Según algunos escritos de sacerdotes católicos, de 1930 a 1940 la mayoría de habitantes de San Miguel Tucurú emigraron a la aldea Pancajché en su misma jurisdicción la cual empezaba a ser muy importante por el comercio, ya para ese entonces existía una línea férrea que conducía de Pancajché al puerto fluvial de Panzós, facilitando así las salidas de los productos agrícolas de esta zona luego embarcándolos hasta El Estor Izabal.

“Los primeros habitantes pertenecían a la etnia Poqomchi’, vivían en forma dispersa, las inclemencias topográficas y el clima no favorecían la colonización de las tierras bajas situadas al centro y sur del municipio. A finales del siglo XIX y principios de este surgieron empresas agrícolas dedicadas al cultivo del café cuyos propietarios eran de origen Alemán. Esto produjo migraciones de población proveniente principalmente de San Juan Chamelco y de la etnia Q’eqchi’, la cual es ahora mayoritaria.”<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> Tucurú, *Breve reseña histórica*. 2010. <http://www.guatelog.com/log/175/Tucuru.html>.  
Electrónica (15 de marzo del 2014).

<sup>4</sup> *Ibíd.*

### **1.3.3 Localización**

El municipio de San Miguel Tucurú, se encuentra localizado al Sur del departamento de Alta Verapaz, en la región denominada Franja del Polochic, en una altura de 476 metros sobre el nivel del mar, por lo que su clima es cálido, dista a 63 km. de Cobán, cabecera departamental de Alta Verapaz y a 210 km de la ciudad capital.

La cabecera municipal se encuentra en un área de paso hacia los municipios de la Región del Polochic (La Tinta, Panzós, El Estor, Izabal) y Senahú, de la Franja Transversal del Norte, a través de la carretera 7E, que lo conecta desde el municipio de Tamahú, por esta característica se demanda servicios básicos para atraer la inversión en el municipio con el fin de mejorar el desarrollo económico y social de las personas.

### **1.3.4 Extensión territorial**

La extensión territorial del municipio es de 96 km<sup>2</sup> y representa un 0.09% con relación al departamento de Alta Verapaz, cuyo territorio es de 10 769 kms<sup>2</sup>.

### **1.3.5 Coordenadas geográficas**

Las coordenadas geográficas de la cabecera municipal son: 15°07'32" latitud norte y longitud oeste de 90°07'08".

### **1.3.6 Límites geográficos**

En relación a su geografía San Miguel Tucurú es uno de los 16 municipios del departamento de Alta Verapaz, el cual posee 132 centros poblados y colinda al norte con los municipios de San Juan Chamelco, San Pedro Carchá y Senahú, Alta Verapaz, al sur con el municipio de Purulhá, Baja Verapaz, al este con el municipio de Senahú y Santa Catalina La Tinta y al oeste con el municipio de Tamahú y San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

## **1.4 Situación actual**

A lo largo de los años se han firmado convenios internacionales en materia ambiental, sobre el cuidado y protección del medio ambiente, cambio climático, control de residuos peligrosos, vertimiento de los mismos a fuentes de agua en los cuales como país, hemos tenido incidencia.

Este último en mención, tiene relación directa internacional en el año de 1992, dicha actividad fue denominada cumbre de la tierra. Con este convenio se ha tenido una fuerte iniciativa a nivel global sobre medir el impacto de nuestras actividades en los distintos países que allí se reunieron, incluyendo a Guatemala.

La importancia de este convenio, repercute en que a nivel diplomático se ha aceptado la necesidad de contar con datos que reflejen nuestros impactos, pero que estos datos sean elaborados de fuentes confiables y con técnicos capacitados en temas de medio ambiente. Todo esto con el sentido de que a nivel nacional comprendamos de mejor manera nuestra huella en el planeta como seres humanos, y desarrollar políticas que ayuden a mitigar estos impactos.

Si bien es cierto, no tenemos un gran avance hasta la fecha, a nivel nacional se cuenta con instituciones de carácter científico, que tienen como fin el mejorar la situación medioambiental en Guatemala.

Con toda la descripción anterior, se han venido suscitando cambios en los últimos años, para que la matriz energética sea más estable, pero al mismo tiempo este aceptada por los distintos sectores del país, los cuales son el eje transversal de todo desarrollo nacional.

A pesar que a nivel nacional, el porcentaje de plantas generadoras de energía eléctrica, es cada vez mayor, no se cuentan con datos sobre indicadores del medio ambiente, que ayuden a los distintos sectores de interés a comprender el tipo de actividades que se realizan para poder operar una planta de las distintas magnitudes y tipo de generación que existe actualmente.

## CAPÍTULO 2

### METODOLOGÍA

#### 2.1 Localización geográfica y cartográfica de la planta hidroeléctrica Santa Teresa, San Miguel Tucurú, Alta Verapaz

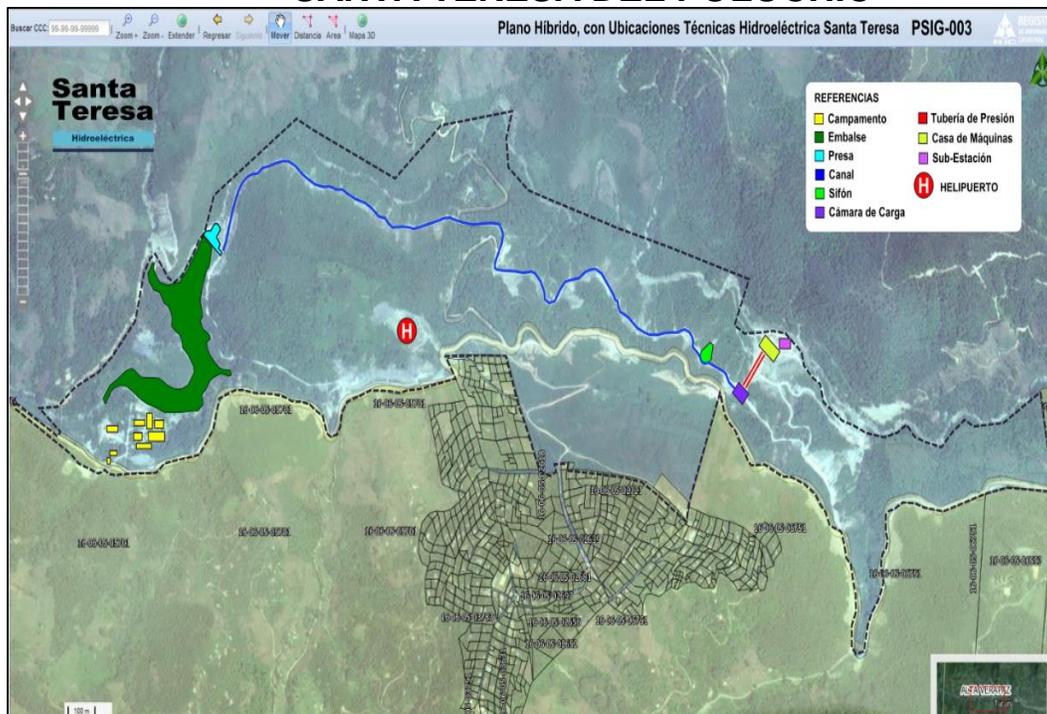
La planta hidroeléctrica Santa Teresa del Polochic se ubica en las coordenadas geográficas: latitud 15°17'58.15" N y longitud 90°9'46.91" O, con datum WGS 84; la cual se localiza en los márgenes del río Polochic, ubicado en la región Nor-Oriente del país de Guatemala, en el municipio de San Miguel Tucurú Alta Verapaz, en la región conocida como corredor seco, específicamente la parte sur del departamento de Alta Verapaz.

Cartográficamente, por el tamaño de la misma, la planta se localiza en una hoja topográfica. Se ubica en la hoja Tucurú 2161 I, que data del año de 1997, con lo cual no se visualiza aún la planta hidroeléctrica. Aunque como referencia se puede tomar lo que en la hoja describe como la "Ranchera Santa Rita (finca Pantic).

Las obras principales del aprovechamiento son: una presa de gravedad de hormigón ciclópeo de 34 metros de altura que reserva 615,000 metros cúbicos de agua, un canal de faldeo para la aducción de 2,5 kilómetros de longitud, la caída en una tubería de 125 metros de altura y una central hidroeléctrica con dos turbinas *Francis* de eje vertical.

## ILUSTRACIÓN 1

### UBICACIÓN DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA DEL POLOCHIC



**Fuente:** Departamento de Obra Civil, Planta Hidroeléctrica Santa Teresa, 2014.

## 2.2 Vías de acceso

La planta hidroeléctrica Santa Teresa del Polochic, se ubica en la parte sur del departamento de Alta Verapaz, al norte de la república de Guatemala. La entrada a Campamento San Enrique se ubica a 50.3 km de distancia desde Cobán, Alta Verapaz.

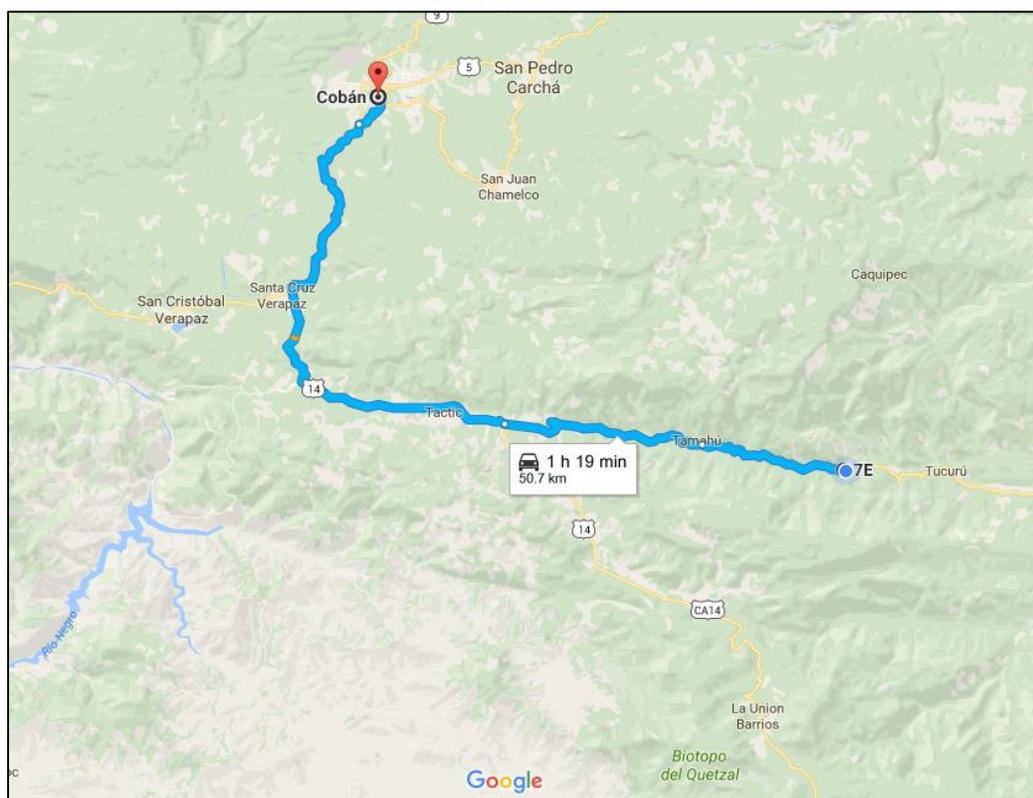
Para llegar hacia la planta hidroeléctrica Santa Teresa desde Cobán, es necesario recorrer 30.5 km de asfalto por la carretera CA-14 hasta San Julian, Tactic Alta Verapaz; luego, de este punto hacia la planta se recorren 19.8 km en terracería pasando por el municipio de San Pablo Tamahú. Dicha ruta de terracería es conocida como la Ruta Nacional 7E. .

Aunque se posee a nivel nacional otras rutas alternas, por las cuales es posible llegar al área de estudio, siendo estas: Guatemala a San Julián en 184 km por la carretera CA-9 y carretera Jacobo Arbenz; Se vira a la derecha y se continua con lo descrito anteriormente de 19.8 km de terracería hasta llegar a la planta.

Finalmente otra ruta alterna sería recorrer 58 km hacia el chol hasta llegar a la RN-5 y pasando por algunos municipios de Baja Verapaz, hasta llegar a San Julián y seguir lo descrito en los dos párrafos anteriores.

## ILUSTRACIÓN 2

### VÍAS DE ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO DESDE COBÁN ALTA VERAPAZ



**Fuente:** Modificado de: <https://www.google.com.gt/maps/> (26 de julio de 2016).

### **2.3 Definición del problema**

A nivel global y nacional no se cuenta con información acerca de los impactos que causan los mega proyectos de desarrollo en las distintas etapas por las cuales son llevados a cabo; con lo anterior se dificulta a nivel social el entendimiento de estas actividades y los procesos que se realizan en este tipo de proyectos.

Los datos sirven de fundamento para poder dar conclusiones y recomendaciones en los distintos ámbitos involucrados, siendo el más importante el medioambiente; por consiguiente los indicadores ambientales se deben utilizar como herramienta de formulación y creación de datos sobre el impacto medioambiental y la interrelación de los distintos sistemas involucrados.

Este tipo de información es necesaria para su utilización como respaldo legal y solamente puede ser generada mediante los: indicadores ambientales.

Con los indicadores ambientales se pueden adoptar metas alcanzables para la minimización y mitigación de daños al medio ambiente, con las cuales se lograría una mejora continua en las actividades y procesos llevados a cabo; todo esto para ayudar a responder:

¿Cuál es el desempeño ambiental dentro de las actividades de mantenimiento y operaciones de la planta hidroeléctrica Santa Teresa, de acuerdo a los elementos que intervienen: hidrología, edafología y atmosfera?

## **2.4 Objetivos**

### **2.4.1 General**

Diseñar la línea base para indicadores ambientales en las actividades de mantenimiento y operación para generación de energía eléctrica dentro de la planta hidroeléctrica Santa Teresa.

### **2.4.2 Específicos**

Mejorar la gestión ambiental interna en base a la identificación de impactos y uso de los recursos en planta hidroeléctrica Santa Teresa.

Identificar áreas de intervención para la obtención de datos mediante la interpretación de los distintos sectores y la generación de información que se obtenga.

Generar la medición del desempeño de la planta hidroeléctrica Santa Teresa como estrategia para la sostenibilidad del medioambiente para la toma de decisiones en base a mediciones.

## **2.5 Justificación**

Planta hidroeléctrica Santa Teresa, al implementar sus herramientas de gestión ambiental (sistema de gestión ambiental y procedimientos para el sistema integrado de gestión) desarrolla y ejecuta la política integrada de gestión (calidad, seguridad industrial y medio ambiente).

Pero todos estos procesos son llevados a cabo en cumplimiento a la normativa que se ha adoptado para el cumplimiento de los mismos, la cual no exige o regula la medición de los impactos tanto negativos como positivos de todo el sistema integrado.

Para lo anterior se necesita de un instrumento que facilite la medición de los resultados de la gestión ambiental de la compañía, que le permita a la empresa conocer las características, comportamientos o tendencias claves de los controles operacionales, condiciones relevantes del medio ambiente, mejoras en los procesos y actividades que la planta desarrolla para una mejora continua.

El diseño de línea base para indicadores ambientales busca constituirse en un sistema de información ambiental que brinde una visión total del estado de la gestión ambiental de la compañía; se debe contar con información confiable sobre el estado actual del sistema, que sirvan como primer paso de estrategia y de esta forma medir, prever y anticiparse a los posibles impactos al medio ambiente.

Los indicadores son necesarios para poder mejorar, lo que no se mide no se puede controlar y lo que no se controla no se puede gestionar. Sin una correcta medición ambiental de los distintos elementos que intervienen, no se pueden controlar los factores involucrados, por lo tanto la gestión ambiental es nula.

Todo lo anterior es de beneficio para las comunidades que integran el área de influencia, ya que se contará con información confiable sobre el uso de los recursos naturales, el impacto de las actividades de mantenimiento y operaciones para comprender de mejor manera el proceso para generación de energía eléctrica por medio de hidroeléctricas.

## 2.6 Tipo de investigación

El estudio técnico para formulación de la línea base sobre indicadores de desempeño ambiental, corresponde a una investigación descriptiva con enfoque cuantitativo, con base a los datos recabados en el tiempo de 1 año y 6 meses. Dicho proceso corresponde a una investigación en base a observaciones directas, la medición de áreas, consumos de energía en base a facturaciones mensuales, utilización de herramientas de medición para distintos parámetros.

Finalmente la cantidad de datos recabados, fueron procesados para un análisis minucioso mediante hojas metodológicas que han sido utilizadas digitalmente, para que los distintos departamentos involucrados en la generación de datos, puedan contar con un instrumento para la mejora continua de sus procesos. Ya que al obtener datos del estado actual de sus actividades, ellos mismos pueden plantearse metas alcanzables en la mejora medioambiental.

Al conocer el estado actual de las actividades y procesos, los jefes de áreas o coordinadores de grupos, pueden presentar los resultados a los colaboradores con el fin de crear conciencia del impacto de cada uno en sus actividades, y con esto crear en grupo una estrategia de gestión individual o grupal.

También se pueden ir enriqueciendo las hojas metodológicas en el tiempo, con periodicidad, para que el tipo de investigación se puede transformar en una investigación de tipo cuantitativa explicativa, con carácter social, que se vuelva dinámica con el transcurrir de los años y adaptada a las necesidades de la gestión integral.

## 2.7 Aspectos metodológicos

El procedimiento utilizado para establecer la línea base para indicadores ambientales dentro de la planta hidroeléctrica santa teresa, se apoyó básicamente en distintas guías publicadas internacionalmente, ya que en la actualidad no existe alguna metodología establecida o estandarizada para uso mundial.

Las guías mencionadas, son recomendaciones que brindan organismos internacionales como: Comisión económica para América latina y el Caribe o el ministerio Federal de Medio Ambiente ubicado en Alemania.

A nivel nacional el instituto de agricultura, recursos naturales y ambiente, de la Universidad Rafael Landívar cuenta también con una guía con enfoque para indicadores ambientales. Además que periódicamente publica un perfil ambiental a nivel nacional con datos que son útiles si son interpretados de buena manera.

Con lo anterior, se tomó como referencia lo propuesto en dichas guías y finalmente se decidió poder generar indicadores de gestión ambiental, o también denominados de “desempeño ambiental”, los cuales nos indican en base a mediciones, el consumo de los distintos recursos que tenemos disponibles, o que son necesarios para poder operar con normalidad una planta hidroeléctrica.

Finalmente, se ha plasmado el procedimiento llevado a cabo para poder recopilar la información necesaria para la investigación, con algunas fases y procedimientos que fueron necesarios para garantizar la transparencia de los datos, dividido en 4 fases y 4 procedimientos generales por cada una.

Este procedimiento metodológico se planteó de acuerdo a los objetivos establecidos, con lo cual se utilizaron mediciones cuantitativas, reconocimiento de actividades y procesos dentro de la planta, finalmente la recopilación de información medible y factible.

## **2.8 La muestra**

Para poder tener datos significativos de las distintas actividades relacionadas con impactos medioambientales, se tomó como ejemplo la utilizada para la medición de huella de carbono, la cual toma como base años calendarios, en base a esto dan huellas de carbono de un año a los distintos sectores evaluados.

Con el mismo método se tomaron muestras para datos de desempeño de todo el año 2015 en el cual podemos obtener indicadores ambientales anuales, el primer semestre del año 2016, ya que en base a estos datos podemos obtener una media de las actividades de operación, mantenimiento en el presente y evaluar en un futuro el cambio en el tiempo de los indicadores.

Así finalmente el tipo de muestra tomado, abarca a todos los departamentos dentro de la planta hidroeléctrica, como lo son: obra civil, bodega, sostenibilidad, electricidad, mecánica, operaciones, mantenimiento y medio ambiente.

A continuación se presenta la matriz de seguimiento utilizada para la formulación de la línea base para indicadores ambientales de desempeño en planta hidroeléctrica Santa Teresa.

## CUADRO 1

### MATRIZ DE SEGUIMIENTO PARA DISEÑO DE LÍNEA BASE SOBRE INDICADORES AMBIENTALES EN PLANTA HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA

FASE	PROCEDIMIENTO	ACTIVIDADES
<b>1</b>	Reconocimiento y Apropriación del tema	<b>1.1 Estudio de las actividades para generación de energía.</b>
		1.1.1 Recolección y análisis de información acerca de las actividades de la planta.
		1.1.2 Identificación de impactos relacionados con el proceso de generación de energía y mantenimientos asociados.
		<b>1.2 Estudio de las herramientas de gestión y desempeño ambiental de la planta.</b>
		1.2.1 Síntesis Sistema de gestión ambiental
		<b>1.3 Identificación y análisis de parámetros existentes</b>
		1.3.1 Inventario de parámetros existentes
<b>2</b>	Identificación y selección de alternativas para diseño de línea base de indicadores ambientales	<b>2.1 Estudio y comparación de alternativas metodológicas</b>
		2.1.1 Revisión bibliográfica y análisis de información relacionada
		<b>2.2 Selección del modelo para línea base de indicadores ambientales</b>
		2.2.1 Análisis de ventajas y desventajas del modelo seleccionado
		<b>2.3 Ventajas del modelo de indicadores ambientales seleccionado</b>

3	Diseño de línea base de indicadores ambientales	<b>3.1 Objetivo y fines de línea base de indicadores ambientales</b>
		3.1.1 Selección de objetivos y directrices generales del sistema; avalados por el departamento de medio ambiente
		<b>3.2 Planteamiento de los criterios para selección de indicadores ambientales</b>
		<b>3.3 Áreas para formulación de indicadores ambientales</b>
		3.3.1 Identificar las áreas que requieren seguimiento continuo y son relevantes en el desempeño ambiental de la planta
		3.3.2 Diseño de la estructura de línea base de indicadores ambientales -marco ordenados
		<b>3.4 Diseño de hojas metodológicas y de calculo</b>
		3.4.1 Estructura y definición de hoja metodológica
		3.4.2 Estructura de hoja de calculo
		<b>3.5 Estructura de la línea base de indicadores ambientales</b>
		3.5.1 Esquema general de la estructura con base a la alternativa seleccionada y en las herramientas de gestión
		<b>3.6 Formulación de indicadores ambientales</b>
		<b>3.7 Desarrollo de indicadores ambientales mediante hojas metodológicas</b>
4	Formulación de los mecanismos para aplicación de indicadores ambientales	<b>4.1 Manejo y operación del sistema</b>
		4.1.1 Procedimiento y operación del sistema
		<b>4.2 Fuentes de datos</b>

Fuente: Fase de gabinete, 2016.

En la matriz anterior se explica en cada fase metodológica planteada, los objetivos que pretende alcanzar y las actividades que ejecuta para el cumplimiento de cada fase y los objetivos.

Concretamente la metodología se desarrolla en cuatro fases, en el reconocimiento y apropiación del tema, la identificación y selección de alternativas para diseño de la línea base de indicadores ambientales, el diseño del sistema de indicadores ambientales y la formulación de los mecanismos para aplicación del sistema.

En la fase uno se realiza el estudio de las actividades de generación de energía, el estudio de las herramientas de gestión (política integrada de gestión y sistema de gestión ambiental); por último la identificación de los indicadores ya formulados por las herramientas de gestión con su posterior análisis; teniendo en cuenta las características que deben cumplir los indicadores para alcanzar su objeto.

En la fase dos, se desarrolla el estudio y comparación de alternativas o modelos utilizados para formulación de indicadores, la selección del modelo de acuerdo con las necesidades de la planta y las ventajas que este otorga al sistema de indicadores ambientales.

La tercera fase, la más extensa e importante plantea el objeto del sistema, se seleccionan las áreas para la formulación de indicadores ambientales de desempeño, con lo cual se realiza el diseño de las hojas metodológica y de cálculo, se formulan los indicadores y se lleva a cabo el desarrollo o prueba de los mismos.

La cuarta fase, consiste en el desarrollo de mecanismos que garantizan y dan confiabilidad a los resultados del sistema, al especificar actividades y frecuencia de seguimiento para registro de información; y las prácticas para operación del sistema de indicadores ambientales.

La metodología formulada se desarrolló como se menciona, con el fin de cumplir y ejecutar los objetivos propuestos para el diseño del sistema de indicadores ambientales; por lo cual cada fase desarrolló un conjunto de actividades específicas, cuyos resultados se presentan con base en el orden de la metodología.

## **2.9 Recopilación y análisis bibliográfico**

En esta fase se recopiló toda la información que fue necesaria para el proyecto de investigación, de fuentes primarias y secundarias, como las fuentes bibliográficas, mapas geográficos y topográficos, consumos de energía eléctrica en las distintas áreas, despacho de combustibles en gasolinera dentro de campamento San Enrique, lecturas de contador de agua para uso doméstico y de jardinería, entre otros.

Esto con el fin de obtener el análisis de los distintos parámetros de consumos e impactos al ambiente para poder generar los indicadores. Como se tratan de indicadores de desempeño, se debieron conjugar distintos parámetros para la simplicidad de entendimiento. O bien, utilizar conversiones para poder obtener números que fueran de mayor comprensión para los distintos involucrados.

## **2.10 Trabajo de campo**

Establecimiento de sistemas a evaluar: Se eligieron los indicadores de desempeño ambiental como los distintos factores a evaluar. En este sentido, se tomaron en cuenta dichos indicadores, para poder medir el impacto ambiental que se tiene al momento de realizar las actividades de operaciones y mantenimiento de la planta hidroeléctrica Santa Teresa.

Se realizó un análisis con los distintos departamentos: obra civil, seguridad industrial, medio ambiente y bodega. Esto para poder conocer la información histórica que se pudiera tener generada; como claro ejemplo es el consumo de combustibles ya que se tomaba el dato de galones despachados y kilometrajes de vehículos, pero estos no eran analizados para uso ambiental.

Con este análisis se tomó en cuenta los distintos consumos que existen en la planta y así poder aceptar o negar la medición de algún factor. Ya que se podría medir la cantidad de dióxido de carbono emitida por algún tipo de generador, pero si no se cuenta con alguna herramienta adecuada, no se tomaría en cuenta. U otro ejemplo claro sería que aún no exista tecnología que nos facilitará el trabajo en la medición de algún parámetro que se fijara.

### **2.10.1 Energía eléctrica**

Para este factor se tomaron en cuenta las tres principales áreas que componen la planta hidroeléctrica Santa Teresa, las cuales son: campamento San Enrique, Presa y casa de máquinas; las cuales tienen consumos individuales.

El caso de campamento San Enrique y Presa es de suma importancia tomarlo en cuenta, ya que muchas veces se cree que la energía consumida por una planta hidroeléctrica es la misma que se produce y al momento de generar dicho indicador de desempeño ambiental, es notorio que esto es totalmente erróneo. Ya que en estas dos áreas los consumos de energía eléctrica son proporcionados por el sistema nacional y mes a mes se debe de cancelar una factura correspondiente al consumo.

Con lo anterior, se solicitó el apoyo del asistente administrativo de la planta para que se tuviera acceso a esta información, tomando en cuenta los consumos del año 2015 y primer semestre del año 2016.

Para poder generar el indicador ambiental de este recurso también se contó con el apoyo del asistente administrativo para generar listados de colaboradores que laboraron mes a mes en ese periodo. Tomando en cuenta las distintas actividades que se realizan en la planta, el personal que labora en los distintos meses es variado.

En el caso de casa de máquinas, los consumos son directos a los producidos, los operadores de turno realizan un control día a día, específicamente a las 12:00 am, para poder obtener la energía generada, y la energía consumida por las operaciones que allí se realizan.

En las áreas de campamento San Enrique y presa se realizó una relación entre consumo de energía eléctrica y cantidad de personal fijo laborando mes a mes en las mismas, con la fórmula:

$$\textit{Consumo de energía eléctrica} = \frac{\textit{Cantidad (kw - h)}}{\textit{No. De colaboradores}}$$

En el área de casa de máquinas, se presentó un caso especial, debido a que en esta área por la cantidad de equipos utilizados para poder operar y el consumo de los mismos, las mediciones se realizan en Megavatios por hora con lo cual la fórmula utilizada fue:

$$\text{Consumo de energía eléctrica} = \frac{\text{Cantidad (Mw - h)}}{\text{No. De colaboradores}}$$

### 2.10.2 Agua entubada

En el caso del consumo de agua entubada en las distintas áreas, únicamente se pudo elaborar un indicador de desempeño en el área que es utilizada para usos domésticos, como es el caso de campamento San Enrique, ya que en esta área ya se contaba con un sistema de abastecimiento el cual toma el vital líquido que se encuentra limítrofe a las instalaciones.

Con el apoyo del departamento de obra civil, se colocó un contador de agua en el mes de enero del año 2016, de esta manera se pudieron obtener lecturas mensuales sobre consumo de agua en campamento San Enrique.

Al igual que en el indicador anterior se tomó en cuenta el personal que laboró en los distintos meses en esta área para poder realizar la relación adecuada y poder obtener el consumo per cápita por colaborador. Utilizando la fórmula:

$$\text{Cantidad (M3/persona/mes)} = \frac{\text{Cantidad (M3)}}{\text{No. De colaboradores}}$$

### **2.10.3 Áreas intervenidas y áreas reforestadas**

En el caso de esta información, con el apoyo del departamento de medioambiente de la planta se pudo contar con la utilización de un sistema de posicionamiento global o mejor conocido como GPS asistido, para poder realizar un mapeo de las distintas áreas existentes en la planta hidroeléctrica Santa Teresa, tomando en cuenta las áreas intervenidas con obra gris e infraestructura, área utilizada para apertura de caminos, áreas reforestadas y finalmente las áreas sin intervención. Con esta información se realizó una sumatoria de las mismas para verificar que los datos fueran correctos.

Finalmente se tomó en cuenta, área reforestada en bloques por año, especie de planta utilizada para reforestación, área ocupada por caminos, área intervenida y finalmente el área total de la finca que es propiedad de la planta hidroeléctrica, con la generación de un indicador gráfico, que fue plasmado en un mapa.

### **2.10.4 Combustibles fósiles**

En el caso del consumo de combustibles fósiles en planta hidroeléctrica se cuenta con dos tipos: gasolina y diésel. Los cuales son utilizados por la flotilla de vehículos, en el caso del diésel; y los distintos equipos instalados, como plantas de emergencia o equipos utilizados en construcción, los cuales utilizan gasolina para su funcionamiento.

También existe la particularidad de contar con una gasolinera, o área de almacenamiento de los combustibles, la cual es administrada por el supervisor de bodega.

Se tuvo acceso a documentación histórica, con un control llevado por el supervisor de bodega en la planta, obteniendo datos de todo el año 2015 y el primer semestre del año 2016. En dichos registros se extrajo la información de los datos de galones despachados, kilometraje actual al momento de despachar el combustible y kilometraje anterior del vehículo.

Con estos 3 datos se puede obtener el rendimiento que cada vehículo tiene en las actividades que se desempeñan, teniendo totales por mes con la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Kilometraje inicial} - \text{kilometraje final}}{\text{Suma de galones utilizados en el mes}}$$

### **2.10.5 Consumo de papel**

Para este tipo de indicador se tomaron en cuenta los registros administrativos que se cuentan con el asistente administrativo sobre la compra de dicho recurso, las cantidades del mismo que se realizan en respuesta a la demanda de papel en las distintas áreas; tipo de compra que no tiene una periodicidad establecida, se tomaron en cuenta la sumatoria por meses y un total por el año 2015.

Así mismo en las áreas de campamento San Enrique y casa de máquinas se cuenta con equipo de impresión multifuncional, los cuales tienen la función de poder generar un dato de impresiones totales al mes, con lo cual se solicitó este tipo de registros para poder evaluar la cantidad de hojas utilizadas para impresión y la cantidad utilizada para otros fines.

#### **2.10.6 Residuos sólidos y líquidos**

Para poder generar este tipo de indicador se tomaron en cuenta algunos documentos existentes en la planta, como es el caso del procedimiento manejo integral de residuos con código GE-AMB-PR-0001, el cual indica que se debe establecer una corriente para la clasificación de los distintos residuos producidos en la planta, siendo estos:

- Ordinarios
- Plásticos
- Orgánicos
- Papel y cartón
- Metal y aluminio
- Peligrosos

Con lo anterior, se utilizaron las instalaciones construidas en el mes de diciembre el año 2015 para el almacenaje y gestión de los residuos producidos en la planta, esta infraestructura es un centro de acopio de residuos ubicado en campamento San Enrique, el cual cuenta con 6 ambientes, cada uno destinado a cada tipo de clasificación anteriormente descrita, tanto para residuos sólidos como para residuos líquidos.

Se programaron los días lunes y viernes para poder dar ingreso a los residuos recolectados en todas las áreas y en los depósitos adecuados instalados estratégicamente en cada frente de trabajo. Para posteriormente pesar dichos residuos en una balanza industrial con una capacidad máxima de 1 200 libras.

Dichos datos se recabaron en una hoja de entrada de residuos, con la cual se tomaba en cuenta el peso en libras de cada tipo de residuos, el área de donde provenían dichos residuos, hora de entrada, código del residuo, persona encargada del traslado y firma. Todo esto para poder contar con transparencia en los datos recabados, y evitar duplicidad de los mismos.

Posteriormente los datos obtenidos fueron recopilados en una hoja metodológica para poder realizar sumatorias por área, por tipo o por trabajo realizado.

Como es el caso del mantenimiento mayor, realizado en el mes de abril del año 2016, ya que es un trabajo de carácter especial, se apartaron estos residuos en base a las fechas de ingreso, para poder obtener un indicador de esta actividad a nivel anual.

## **2.11 Gabinete**

Para poder diseñar la línea base de indicadores ambientales, se plantearon los propuestos con anterioridad, ya que estos son los datos que se podían obtener y conjugar para poder obtener resultados que nos sirvan para el presente estudio.

Se partió de la consideración de que los indicadores deben ser fáciles de medir, con lo cual también deben ser comprensibles para que cualquier persona los pueda interpretar. No podemos suponer que un indicador sea fácil de recolectar en campo y en el proceso de análisis en gabinete se lleve el doble de tiempo que en su recolección.

De acuerdo con estas premisas, todos los indicadores fueron plasmados en tablas, gráficas y en explicaciones breves del porqué de cada dato y la forma común de interpretación.

## **2.12 Elaboración y edición del documento**

El último proceso llevado a cabo por la investigación, fue la evaluación y análisis de los datos obtenidos en las distintas áreas evaluadas, la recopilación bibliográfica en cuanto a temas de indicadores ambientales y finalmente digitalizar toda la información en hojas metodológicas, las cuales fueron adaptadas a las necesidades de cada departamento.



## CAPÍTULO 3

### MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Antecedentes

Durante el año de 1987 inicia el desarrollo de conceptos para definir lo que son los indicadores ambientales en los países de Canadá y Holanda. En el año de 1989 en la cumbre del grupo de países industrializados denominado “Grupo de los Siete”, que erróneamente y en datos desfasados son definidos como los países con las economías más industrializadas, y que actualmente son 8 países (con la integración de Rusia), se resolvió, por sugerencia de Canadá como país miembro, concretar el desarrollo de indicadores ambientales en el contexto de integración del ambiente y las decisiones de la política económica global.<sup>1</sup>

Durante el año de 1991 la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos –OCDE-, que actualmente agrupa a 34 países miembros, publica su conjunto preliminar de indicadores ambientales para la república del Canadá, además de publicar un conjunto de indicadores para el gobierno Holandés. Siendo estos 2 países los principales antecedentes para lo que hoy denominados “indicadores ambientales” o al menos para definirlos.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Luis Alberto Castañeda, *Bases para el diseño del sistema de monitoreo ambiental para Guatemala*, (Guatemala: Universidad Rafael Landívar, 2002), 9.

<sup>2</sup> *Ibidem*.

En 1992 se celebra la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo; denominada Cumbre de la Tierra, en su declaración se promueve el desarrollo de indicadores ambientales como una herramienta de evaluación sobre el desempeño ambiental de los países, según la adopción de la Agenda 21. Durante 1993 la División de Estadística de las Naciones Unidas, en conjunto con el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, convocaron a una reunión consultiva de expertos en indicadores ambientales y de sustentabilidad, para discutir los avances en la materia, logrados por diferentes organismos. Este mismo año se publica en Canadá un conjunto de indicadores ambientales que servirían para evaluar el desempeño ambiental del país.<sup>3</sup>

En 1994 la OCDE publica su conjunto central de indicadores ambientales y se desarrolla la Conferencia sobre Ciudades Sustentables Europeas, marcó un paso de importancia para el desarrollo de conceptos y tareas relacionadas con la formulación de indicadores de sustentabilidad. Siendo punto relevante la aprobación de la Carta de las Ciudades Europeas hacia la Sostenibilidad, conocida como Carta de Aalborg, en la cual los firmantes se comprometieron a participar en la Agenda 21.<sup>4</sup>

La literatura internacional sobre desarrollo y operativización de indicadores ambientales, reflejan que los gobiernos están dando importancia a la generación y evaluación de indicadores ambientales como instrumentos útiles en la toma de decisiones. Ya que pretenden utilizarlos para la toma de decisiones en base a lo ocurrido históricamente con acciones relevantes en sus áreas de intervención, mediante la medición de parámetros de distintas índoles, entre ellos los ambientales.

---

<sup>3</sup> *Ibíd.*

<sup>4</sup> *Ibíd.*, 10

Al tener como base lo anterior y que en el país no se cuenta con metodologías establecidas, es notable que la generación de indicadores ambientales es un tema nuevo a nivel nacional, en el caso de Guatemala la información se genera pero no es interpretada o analizada por los distintos sectores del país. Y en muchos sectores la información ni siquiera es tomada en cuenta, debido a que el tema ambiental no es de importancia para los líderes comunitarios o las personas que toman las decisiones a nivel institucional.

Se puede mencionar como ejemplo el caso de Planta Hidroeléctrica Santa Teresa, en la cual desde el año 2014 se hacen monitoreos ambientales, con la generación de información sobre caracterización de las aguas del río Polochic, o calidad del aire y medición de niveles de presión sonora en ambientes externos, todos ellos dentro de las instalaciones. Esta información histórica puede interpretarse en base a los indicadores ambientales para la publicación y socialización de los mismos, para posteriormente en conjunto con las comunidades se llegue a la comprensión de las actividades relevantes en la fase de operación y mantenimiento de una planta hidroeléctrica a nivel nacional.

Desde sus inicios la generación de indicadores ha sido impulsada por esfuerzos internacionales de cooperación para el avance en los indicadores ambientales de desarrollo sostenible, así como en el desarrollo de indicadores que producen organismos de investigación, sector privado, sector público, etc.; que tienen como mayor fortaleza la independencia y creatividad de sus propuestas, como mayor desafío en el que se logren implementar. Para lo que se hace necesario no sólo recursos técnicos y financieros, sino también apoyo político cuando se tratan de indicadores a nivel local o regional.

“Igualmente, algunos investigadores han adelantado propuestas importantes en cuanto a enfoques analíticos y marcos ordenadores, que son de particular importancia para capitalizar la potencia de los indicadores como instrumentos de monitoreo del impacto de las políticas públicas y las metas ambientales adoptadas por alguna empresa.”<sup>5</sup>

Es clara la tendencia de multitud de organizaciones que inician el proceso de implantación de un sistema de gestión ambiental sin conocer sus consecuencias a medio y largo plazo y empujadas por “tendencias” de todo tipo: motivación personal de algún directivo, movimientos de la competencia, aconsejados por su asociación sectorial junto con un inteligente consultor, aprovechar la posibilidad de disponer de subvenciones, presiones de los clientes, etc.

Durante los últimos años el control medioambiental está adquiriendo cada vez mayor importancia como instrumento para una gestión fructífera y para asegurar la existencia de una empresa a largo plazo. El control medioambiental consiste en planificar, controlar y supervisar una empresa teniendo en cuenta los factores medioambientales.

No sólo se determinan los potenciales de ahorro medioambiental, sino también las oportunidades y perspectivas económicas. La herramienta de gestión más importante de control medioambiental son los indicadores, como los que se han utilizado durante mucho tiempo en la contabilidad de las empresas. Estos indicadores se emplean como una herramienta de control por parte de la dirección para facilitar información relevante, resumida en forma de declaraciones concisas e ilustrativas, en la toma de decisiones.

---

<sup>5</sup> Quiroga Martínez, Rayén, *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe*, (Chile: Santiago de Chile, 2007), 16.

El concepto del desarrollo de indicadores se traslada ahora al control medioambiental a fin de presentar el comportamiento medioambiental de una empresa de manera cuantificable y confiable de los datos que se generan y la interpretación de los mismos, para que cualquier colaborador dentro de la empresa pueda visualizarlos y comprenderlos de mejor manera.

Los indicadores medioambientales son un importante instrumento para reducir continuamente la contaminación, así como para la comunicación con grupos externos interesados en el tema. A escala internacional, existen dos documentos que son importantes mencionar:

El reglamento EMAS (*Eco-Management and Audit Scheme*, o Reglamento Comunitario de Ecogestión y Ecoauditoría) la cual es una normativa voluntaria de la Unión Europea que reconoce a aquellas organizaciones que han impulsado un SGMA (Sistema de gestión medio ambiental) y han adquirido un compromiso de mejora continua, verificado mediante auditorias independientes. La norma ISO (*International Organization for Standardization* que traducido significa Organización Internacional de Estandarización) 14001, que ofrece la posibilidad de desarrollar EMAS y certificar sistemas de gestión medioambiental según una norma en común.

Ni el Reglamento EMAS, ni la ISO 14001, exigen el desarrollo y generación de indicadores ambientales. No obstante, los indicadores son muy valiosos para su puesta en práctica. Por lo tanto, la Organización Internacional de Normalización (ISO) formuló su propia norma de indicadores medioambientales ISO 14031 (Evaluación del Comportamiento Medioambiental).

La planta hidroeléctrica Santa Teresa que se encuentra en un proceso de certificación con la integración de tres aspectos: calidad, medio ambiente y seguridad industrial. Pueden optar por la ISO 14000, para posteriormente tomar como referencia la siguiente norma para generación de posteriores indicadores.

### **3.1.1 Ventajas de los indicadores medioambientales**

Los indicadores medioambientales resumen extensos datos medioambientales en una cantidad limitada de información clave significativa. Por lo tanto, aseguran una rápida evaluación de las principales mejoras y de los puntos débiles en la protección ambiental de la empresa para aquellos que han de tomar las decisiones.

Los sistemas de indicadores medioambientales apoyan la planificación, control y supervisión por parte de la empresa de los impactos medioambientales en el control medioambiental y proporcionan información para la dirección, la plantilla y grupos externos.

Los indicadores medioambientales, por consiguiente, respaldan cuatro responsabilidades esenciales de la gestión medioambiental en una empresa: la identificación de puntos débiles y potenciales de optimización, la determinación de objetivos y metas Medioambientales cuantificables, la documentación de la mejora continua y la comunicación del comportamiento medioambiental.

Trabajar con instrumentos de control directivo tradicionales no sólo es un requisito para controlar la contaminación medioambiental, sino también para determinar las oportunidades medioambientales rentables.

Uno de los principales puntos fuertes de los indicadores medioambientales es el hecho de que cuantifican importantes evoluciones en la protección medioambiental de la empresa y las hacen comparables año tras año. Si se determinan de una forma periódica, los indicadores medioambientales permiten detectar rápidamente tendencias opuestas y, por consiguiente, también pueden utilizarse como un sistema de alerta temprana.

La comparación de indicadores medioambientales de diferentes empresas o departamentos de una empresa (en administración denominada como *benchmarking*) puede mostrar los puntos débiles y los potenciales de optimización, lo que se puede emplear para determinar metas concretas de mejora.

Así, los indicadores medioambientales pueden cumplir diversas funciones. Desde tener los datos únicamente como medio de control interno, hasta tener los datos interpretados con otro tipo de parámetros utilizados en las distintas áreas de operación y mantenimiento de la planta y poder generar conclusiones de nuestro accionar como gestión medioambiental.

Pueden ilustrar mejoras medioambientales en un análisis de series temporales, detectar potenciales de optimización, obtener y perseguir metas medioambientales, identificar oportunidades de mercado y potenciales de reducción de costes, evaluar el comportamiento medioambiental en comparaciones entre empresas, proporcionar datos esenciales para informes y declaraciones medioambientales, proporcionar información de retorno para motivar a los miembros de la plantilla, apoyar la puesta en práctica del reglamento EMAS y de la ISO 14001.”<sup>6</sup>

Además, los indicadores medioambientales proporcionan a las empresas implicadas en la puesta en práctica del reglamento EMAS o la ISO 14001 una valiosa información aclarando sus exigencias, a menudo bastante abstractas.

Otra de las ventajas es la identificación de puntos débiles y potenciales de optimización. Una de las funciones más importantes de los indicadores medioambientales es la identificación interna de los puntos débiles y los potenciales de optimización.

Las comparaciones pueden poner de manifiesto potenciales de mejora medioambiental, que con frecuencia son económicamente viables. Por lo tanto, los indicadores se comparan en series temporales o comparaciones entre empresas.

---

<sup>6</sup> Larrañaga, María Esther, *Guía de indicadores medioambientales para la empresa*, (Alemania, Munich: Deutschland, 1998), 8.

Pueden emplearse como datos de inventario, como lo requiere la revisión medioambiental inicial de acuerdo con el reglamento EMAS, o pueden emplearse para el control periódico de los flujos de material y energía, así como para otras medidas de actuación medioambiental.

Los análisis de series temporales permiten detectar puntos débiles, cuando se producen diferencias inesperadas en uno u otro sentido. Esto permite una detección temprana y el ajuste de las tendencias y evoluciones desviadas. Es claramente un ejemplo de estadística aplicada en la gestión ambiental y en la formulación de indicadores ambientales.

Las comparaciones entre empresas también pueden emplearse para detectar puntos débiles y potenciales de optimización. Dentro de una empresa pueden compararse indicadores de centros de trabajo, procesos de producción, maquinaria o departamentos.

Estas comparaciones internas pueden utilizarse para detectar puntos débiles y fuertes iniciales para la protección medioambiental de la empresa.

Sin embargo, hay que tener presente que deben emplearse los indicadores medioambientales relativos, los cuales consideran las variaciones relacionadas con la actuación en cuanto al tamaño o las consiguientes desviaciones de la producción.

Los valores de referencia para la comparación pueden ser mediciones tales como días de trabajo, horas de funcionamiento de máquinas, personal, volumen de producción, cantidad fabricada, ingresos, etc.

Comparar indicadores en una comparación entre empresas ofrece información sobre los puntos débiles (utilización ineficiente de materias primas) así como sobre las “recetas para el éxito” de departamentos con valores comparativos ejemplares.

“Por supuesto que los análisis de indicadores para determinar puntos débiles y potenciales de optimización también pueden usar cifras comparativas de otras empresas o, si están disponibles, medias de plantas ya establecidas como punto de referencia (*benchmarking/evaluación comparativa*).”<sup>7</sup>

### **3.1.2 Clasificación de indicadores medioambientales**

Según menciona la sociedad pública de gestión ambiental en su guía para indicadores ambientales, los indicadores medioambientales pueden dividirse en tres grandes grupos.

Dependiendo de si describen el impacto medioambiental de una empresa (comportamiento medioambiental), las actividades de gestión medioambiental, o la situación del medio ambiente externo de la empresa,

---

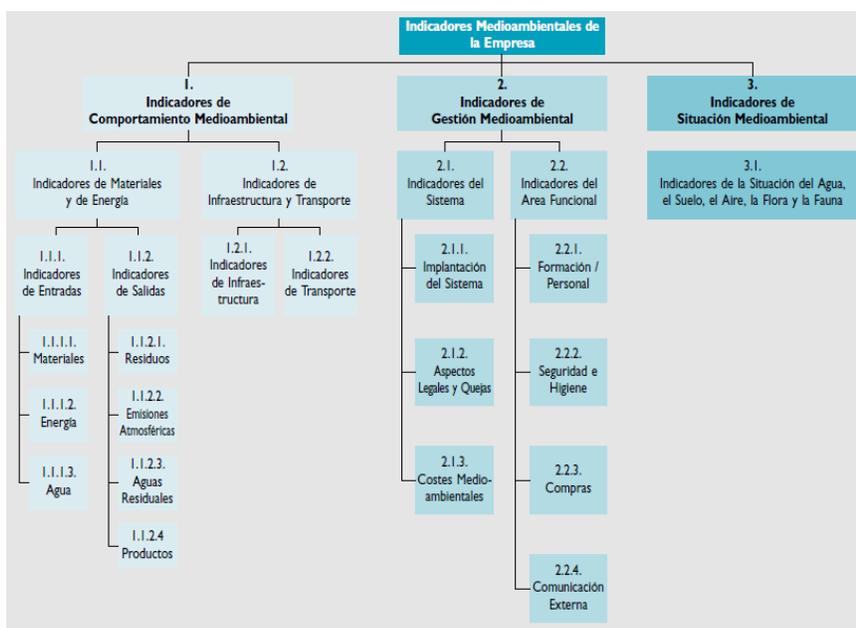
<sup>7</sup> *Ibíd.*, 13

pueden diferenciarse en: indicadores de comportamiento medioambiental, indicadores de gestión medioambiental e indicadores de situación medioambiental.

Estos se agrupan en forma general, pero pueden ser más específicos en su accionar. El medioambiente es un tema que comprende a todo tipo de actividades, y todos los procesos ya sean domésticos o industriales, por lo tanto se pueden generar indicadores de distintos temas que al compararlos entre sí, agrupan temas de distinta índole, y con lo cual se adaptan al sistema en el cual son generados.

## GRÁFICA 1

### CLASIFICACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES PARA UNA EMPRESA



**Fuente:** Guía de indicadores medioambientales en la empresa, 1998.

Cualquier empresa puede usar los indicadores de comportamiento medioambiental como punto de partida. Divididos en las áreas de indicadores de materiales y energía,

además de los indicadores de infraestructura y transporte, se centran en la planificación, control y seguimiento del impacto medioambiental de la empresa.

Ejemplos típicos son el consumo absoluto de energía de una empresa, la cantidad de residuos por unidad de producción, el número de instalaciones medioambientalmente relevantes o el volumen total de transporte. Todos ellos nos indican el desempeño en la utilización de recursos.

Los indicadores de comportamiento medioambiental también son una herramienta importante para comunicar datos medioambientales por medio de informes medioambientales o declaraciones medioambientales, conforme al Reglamento EMAS. Integrando aspectos de coste en ellos, representan la base de una gestión de costes medioambientales.

Los indicadores de gestión medioambiental reflejan las acciones organizativas que la dirección está emprendiendo para minimizar el impacto medioambiental de la empresa. Podrían servir como ejemplo el número y resultados de las auditorías medioambientales realizadas, la formación de los miembros de la plantilla, o las evaluaciones de los proveedores. Las cifras sirven como medidas de control interno y de información, pero no proporcionan información válida sobre el comportamiento medioambiental real de la empresa.

Debido al hecho de que específicamente no reflejan el impacto medioambiental de la empresa, los indicadores de gestión medioambiental no pueden ser empleados exclusivamente para la evaluación del comportamiento medioambiental.

Los indicadores de situación medioambiental describen la calidad del entorno medioambiental de la empresa, por ejemplo, la calidad del agua de un lago cercano, o la calidad del aire de la región.

Puesto que la situación de los medios ambientales y los problemas medioambientales que surgen dependen de diversas influencias, dichos datos medioambientales públicos suelen ser medidos y registrados por instituciones gubernamentales.

Estos datos se usan para obtener sistemas de indicadores medioambientales específicos para los principales problemas medioambientales. En conexión con los objetivos de política medioambiental, las empresas pueden usar los indicadores medioambientales públicos como orientación para fijar prioridades al determinar sus indicadores y objetivos.

Determinar los indicadores de situación normalmente es un esfuerzo poco considerable y sólo merece la pena si la empresa es la causa principal de un problema medioambiental de su zona (por ejemplo contaminación acústica de un aeropuerto, contaminación del agua por los vertidos directos de una gran empresa).

De otro modo, las empresas a menudo pueden usar información y datos de autoridades regionales para verificar sus efectos directos a escala regional para demostrar los cambios y mejoras.

### **3.1.3 Procedimiento para establecer indicadores en una empresa**

Establecer indicadores medioambientales es un proceso que resume datos para validar información clave y los hace comparables año tras año, se podría comparar con procedimientos que se utilizan para medir huellas ambientales, ya que de igual manera se realizan en medición de datos anualmente.

Sólo poniendo al día los indicadores y desarrollándolos de forma periódica pueden usarse como un instrumento eficaz de gestión. Y cabe destacar que se toman años calendario, y no fechas al azar o a criterio de la persona o el equipo evaluador.

En la mayoría de las empresas los datos existentes se pueden utilizar para una selección inicial de los indicadores medioambientales, y a lo largo de los años pueden desarrollarse hasta ser un completo sistema indicador medioambiental. Mientras que la implantación de indicadores medioambientales para empresas pequeñas puede ser coordinado por una sola persona y revisado con otros equipos responsables, se aconseja a las grandes empresas que organicen equipos de proyecto.

El equipo de proyecto debería constar de expertos en el sector medioambiental (representantes medioambientales) así como de directores de línea de diferentes departamentos, tales como desarrollo de productos, dirección de planta, marketing, o planificación de producción, cuyas actividades ejercen una influencia sobre el desarrollo de los indicadores.

Un paso preliminar para establecer indicadores medioambientales en una empresa es hacer un inventario de los problemas ambientales del entorno. La empresa debería empezar por examinar dónde se ve más afectado el medio ambiente por sus actividades de funcionamiento y qué efectos causan. Basándose en esta información, los primeros indicadores medioambientales se pueden seleccionar e integrar en un sistema, donde se deben tener en cuenta consideraciones internas y externas y compararse entre ellas.

Desde un punto de vista externo, los indicadores medioambientales seleccionados deben atenerse a las prioridades de política medioambiental:

- ¿Cómo afecta la empresa a la situación medioambiental (estado del medio ambiente) local o regional?
- ¿Qué problemas medioambientales dominan los debates políticos actuales?
- ¿Qué exigencias externas afectan a la empresa?  
Desde un punto de vista interno, los indicadores medioambientales seleccionados deben referirse a

áreas en las que la empresa pueda ejercer una influencia directa y mejorarlas.

- ¿Cuáles son los principales problemas medioambientales de la empresa?
- ¿Dónde pueden las mejoras medioambientales originar también reducciones de costes o aumentos de beneficios?
- ¿Dónde están los mayores potenciales de optimización?

Existen empresas que ya han puesto en práctica un sistema de gestión medioambiental de acuerdo al reglamento EMAS o a la ISO 14001 pueden utilizar parcialmente los resultados de la revisión medioambiental inicial, y/o los aspectos medioambientales determinados en ella.

“Basándose en esto, se pueden determinar indicadores medioambientales específicos de la empresa, que recoja los datos necesarios y desarrolle los indicadores pertinentes. Todos los indicadores requeridos no se pueden desarrollar habitualmente en un primer intento. Es aconsejable empezar usando datos que ya existan en la empresa, y posteriormente ampliarlos con datos de nueva determinación.”<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> *Ibíd.*, 9

“Para las pequeñas y medianas empresas habitualmente bastará con empezar por centrarse en una selección de indicadores de comportamiento medioambiental, puesto que la experiencia ha demostrado que éstos pueden conseguir el mayor potencial de ahorro ecológico y económico. Las grandes empresas pueden complementarlos con indicadores de gestión medioambiental y de ese modo influir indirectamente en su comportamiento medioambiental. Los indicadores de situación medioambiental únicamente resultan interesantes para empresas que son la principal causa de un problema medioambiental en la región.”<sup>9</sup>

Los indicadores medioambientales establecidos deben emplearse para el análisis de series temporales (comparación con los indicadores de períodos previos), así como para una comparación entre empresas (con los indicadores de otras empresas o departamentos de la propia empresa).

Una evaluación justa de los indicadores de otras empresas revela diferencias y especifica los puntos fuertes y débiles propios de una empresa. La comparación de indicadores con los de empresas del mismo, o también de otro sector, se llama *benchmarking* (evaluación comparativa).

“Las series temporales o las comparaciones entre empresas pueden usarse como base para desarrollar objetivos medioambientales y un programa medioambiental en el que se establezcan metas para lograr una mejora continua. En los siguientes períodos de tiempo se deben revisar regularmente los indicadores medioambientales determinados en relación con dichas metas. El coordinador medioambiental o el equipo responsable del proyecto, por tanto, cumple una función de control y supervisión al comprobar si se ha alcanzado la meta y, si fuera necesario, iniciar acciones correctoras, o correctivas mediante la identificación de la causa raíz, con una evaluación posterior a la misma”<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> *Ibidem.*, 10

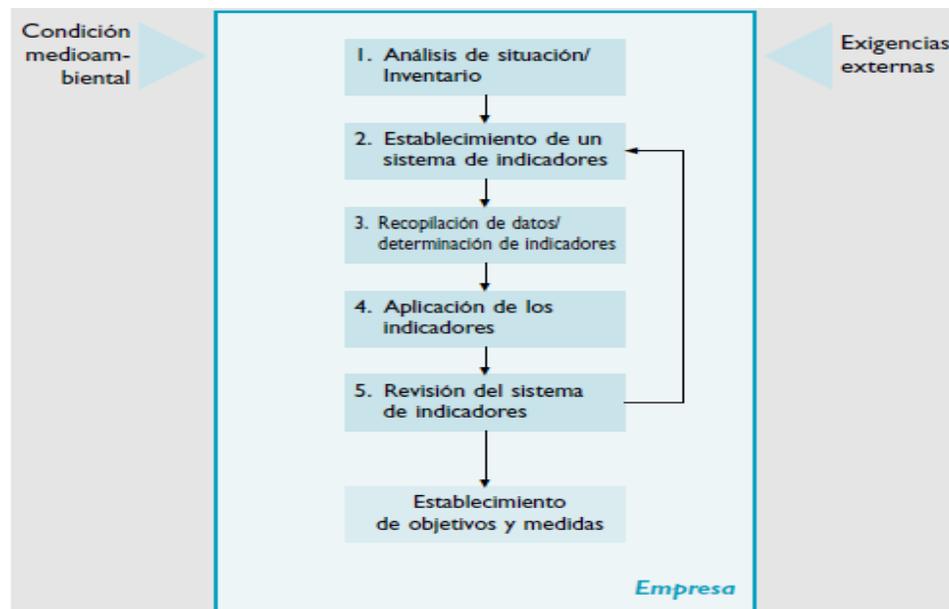
<sup>10</sup> *Ibidem.*, 11

El procedimiento para poner en práctica un sistema de indicadores medioambientales en una empresa puede desglosarse en cinco pasos, según la organización internacional de estandarización, siendo estos:

1. Análisis de situación/Inventario.
2. Establecimiento del sistema de indicadores.
3. Recopilación de datos y determinación de indicadores.
4. Aplicación de los indicadores.
5. Revisión del sistema de indicadores.

## GRÁFICA 2

### METODO PARA ESTABLECER INDICADORES AMBIENTALES



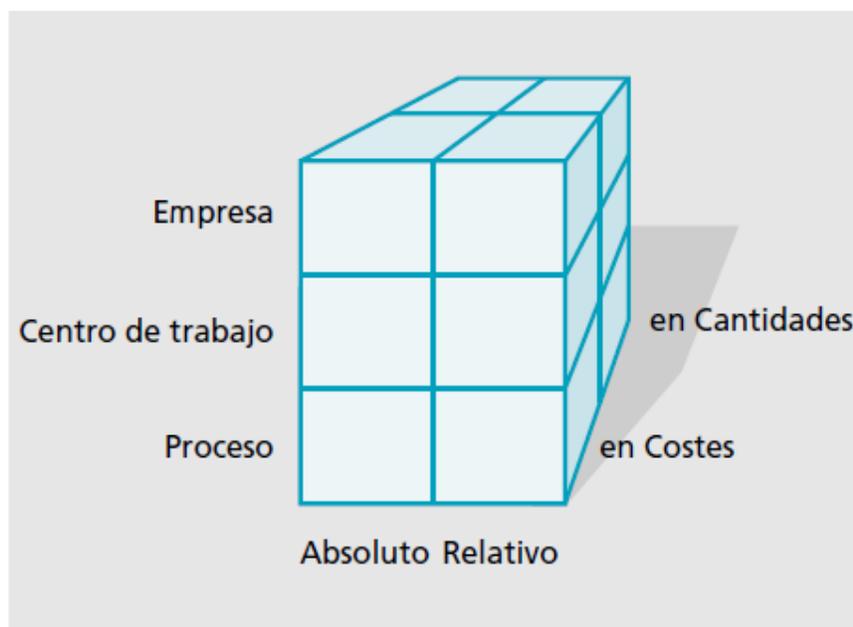
Fuente: Guía de indicadores medioambientales en la empresa, 1998.

### 3.1.4 Tipos de Indicadores Medioambientales

Puede hacerse una distinción entre tres tipos diferentes de indicadores medioambientales, como se ha mencionado con anterioridad. Dependiendo del tipo de indicador, pueden perseguirse diferentes ventajas y objetivos. Cada uno de estos objetivos tiene una ventaja que perseguir, y es allí en donde se refleja la importancia de conocer como nos encontramos como empresa, y a donde queremos llegar, tomándolo desde el punto ambiental, podemos mejorar nuestra gestión en base a estos objetivos y posteriormente concluir con la ventaja lograda.

#### GRÁFICA 3

#### TIPOS DE INDICADORES MEDIOAMBIENTALES



**Fuente:** Guía de indicadores medioambientales para la empresa, 1998.

### 3.1.5 Indicadores Absolutos y Relativos

En primer lugar, hay que hacer una distinción entre los indicadores medioambientales absolutos y los relativos. Desde un punto de vista ecológico, los indicadores absolutos son el enfoque principal, puesto que representan el consumo de recursos por parte de la empresa y su emisión de sustancias contaminantes (el consumo de energía en kilovatios hora o la cantidad de residuos en toneladas). El desarrollo de tales indicadores puede ilustrarse durante un período de tiempo de varios meses o años en un análisis de series temporales, y proporciona la base para fijar objetivos y metas medioambientales.

“Sin embargo, al comparar los aspectos de eficiencia de departamentos o empresas individuales, estos indicadores absolutos deben examinarse en proporción con figuras de referencia válidas (volumen de producción anual, número de miembros de la plantilla, o tiempo de funcionamiento de máquinas). Podrían servir como ejemplo el consumo de energía por producto manufacturado, la cantidad de residuos por tonelada de productos manufacturados, o el consumo de papel de fotocopia por miembro de la plantilla. Los indicadores relativos, por consiguiente, demuestran el comportamiento medioambiental de una empresa en relación con su tamaño o capacidad de producción.”<sup>11</sup>

Mientras que los indicadores absolutos describen el grado de contaminación medioambiental, los indicadores relativos demuestran si las medidas medioambientales dan lugar a mejoras de la eficiencia. El primero nos indica el nivel

---

<sup>11</sup> *Ibidem.*, 12

de un impacto, el segundo indicador nos da a conocer si este nivel aumenta o se reduce según las acciones tomadas. Así es como se diferencian estos dos tipos, en que un dato es fijo y el otro se puede mover dependiendo de nuestra gestión.

Los indicadores absolutos y relativos, por lo tanto, representan dos formas de enfocar la misma cuestión. Para una evaluación global, deben tomarse en consideración tanto los indicadores absolutos como los relativos. La implicación de un indicador relativo difícilmente puede ser evaluada sin los datos absolutos básicos y viceversa.

### **3.1.6 Indicadores de empresa, de centro de trabajo y de proceso**

Los indicadores medioambientales pueden referirse a diferentes departamentos, procesos o actividades y, en consecuencia, pueden obtenerse a partir de datos de toda la empresa, de plantas, proyectos o centros individuales de trabajo, y de departamentos o procesos de producción específicos. Así como sectores de gestión de distintas índoles. Por tanto, pueden dividirse en indicadores de empresa, de centro de trabajo y de proceso.

Los indicadores determinados en el nivel más bajo de la organización, son apropiados como instrumentos de planificación, control y supervisión para el departamento en cuestión. A fin de detectar puntos débiles e iniciar rápidamente acciones correctoras, es aconsejable determinarlos a intervalos más cortos (trimestralmente, mensualmente, o semanalmente).

“Determinar los indicadores de proceso es especialmente importante para el seguimiento del principal foco de consumo de recursos y de la causa principal de las emisiones. Los indicadores de instalaciones y de empresa, por otra parte, sirven como una herramienta de información de comportamiento general para la gestión medioambiental durante un período de tiempo más largo, además de como información interna (en el informe anual para la dirección ejecutiva).

Los indicadores de centros de trabajo pueden usarse adicionalmente para ilustrar impactos medioambientales en las declaraciones medioambientales. O cuando se presente algún tipo de auditoría por parte de algún ente legal, para poder determinar mediante números el cumplimiento de algunos compromisos legales”<sup>12</sup>

### **3.1.7 Indicadores relacionados con la cantidad y con el coste**

Los indicadores medioambientales suelen guardar relación con cantidades, esto es, con medidas físicas como kilogramos, toneladas, artículos, temperatura, metros, etc.

Debido a la relevancia cada vez mayor de los aspectos relacionados con los costes en la protección medioambiental, pueden desarrollarse al mismo tiempo indicadores relativos a los costes (indicadores de coste medioambiental).

---

<sup>12</sup> *Ibidem.*

Durante la fase de inicio del establecimiento de indicadores, a veces no es posible obtener datos relativos a las cantidades, mientras que el departamento de contabilidad puede proporcionar los datos necesarios sobre gastos conexos.

Otra ventaja de los indicadores medioambientales relacionados con los costes es el hecho de que los asuntos medioambientales se traducen a costes e ingresos, esto es, al lenguaje de la dirección.

Un director ejecutivo puede ser incapaz de imaginar qué efecto producen 450 kilos de residuos peligrosos sobre los ingresos, si merece la pena llevar a cabo un estudio de prevención de residuos. Sin embargo, si la misma cantidad está representada por unos costes de eliminación de residuos de 31 mil quetzales, lo usual será que se le conceda una prioridad diferente.

La base de estas evaluaciones del coste medioambiental siempre son las cifras absolutas de las cantidades compradas o eliminadas, a las que luego se aplican los costes internos pertinentes por ejemplo la cantidad de residuos determina los costes proporcionales de eliminación de residuos, el consumo de energía determina los costes e concepto de energía.

### **3.1.8 Determinación de metas medioambientales cuantificables**

El modo más eficaz para conseguir la gestión óptima desde el punto de vista ambiental y económico es que existan metas adecuadas. Unos objetivos de empresa definidos con precisión en cuanto a la protección medioambiental son esenciales para la mejora continua. Deben combinarse con cifras objetivo que sean cuantificables.

Los indicadores medioambientales ayudan en el proceso de definir los objetivos de mejora continua en un período de tiempo prolongado. Pueden proporcionar, especialmente a las pequeñas empresas que tienen un sistema de información medioambiental mínimamente desarrollado, un control de metas sencillas pero eficaces.

La importancia de las metas generales para la gestión medioambiental también se pone de relieve en el reglamento EMAS por medio de la exigencia, en los casos en que sea posible, de objetivos y metas cuantificados para mejorar el comportamiento medioambiental del centro de trabajo. La ISO 14001 también exige que se definan objetivos medioambientales y metas individuales como parte de un sistema de gestión medioambiental.

Sin embargo, en la práctica, establecer y cuantificar objetivos entraña una cierta dificultad, por lo que las experiencias con indicadores medioambientales pueden servir de ayuda. Las series temporales internas y las comparaciones entre empresas pueden revelar potenciales de optimización, lo que asegura que se fijen objetivos realistas.

Debe hacerse una diferenciación entre si los objetivos de mejora tienen que definirse absolutamente y, por consiguiente, sin tener en cuenta las variaciones de niveles de producción, o si los objetivos se han de definir relativamente, es decir, dependiendo de la producción real.

En base a los objetivos planteados, se estipulan metas a cumplir en un periodo determinado de tiempo, y en base a todo lo anterior la organización busca la mejora continua en todos sus procesos, de manera que sean realizados de forma eficiente y estandarizada.

La definición más exigente de objetivos absolutos es aconsejable cuando hay que eliminar por completo materiales específicos importantes para el medio ambiente (clorofluorocarbonos o envases no recuperables) o cuando se debe hacer un cambio para emplear versiones más seguras para el medio ambiente (aceite lubricante biodegradable o agentes limpiadores más seguros para el medio ambiente).

Las cifras objetivo relativas son idóneas cuando un consumo o una emisión específica no se puede evitar completamente, pero, en proporción con el volumen de producción, puede emplearse más eficientemente o utilizarse en menor porcentaje.

“Un ejemplo típico es el consumo de energía: es posible reducir el consumo por unidad producida aplicando métodos de ahorro de energía, sin embargo, una eliminación completa del consumo de energía no es posible para la fabricación.”<sup>13</sup>

### **3.1.9 Documentación de la mejora continua**

Una comparación periódica del comportamiento objetivo basada en indicadores medioambientales es útil: para controlar si se han alcanzado los objetivos y metas fijados y para documentar la mejora continua del comportamiento medioambiental.

Al mismo tiempo, asegura la puesta en práctica a tiempo de acciones correctoras en caso de desviaciones del comportamiento objetivo. Y cuando hablamos de acciones correctoras es porque debe de existir una investigación para localizar la causa raíz.

Con la ayuda de indicadores medioambientales se pueden respaldar partes de auditorías medioambientales, tal como exige el reglamento

---

<sup>13</sup> *Ibidem.*, 16

EMAS. Exige la supervisión periódica y sistemática del centro de trabajo para evaluar si las actividades de gestión medioambiental, en conexión con los objetivos medioambientales y el programa medioambiental, fomentan la mejora continua de la protección medioambiental de la empresa.

El examen periódico de los indicadores medioambientales no sólo apoya el seguimiento y el control sistemáticos de los objetivos, sino que también proporciona declaraciones sobre la mejora continua de cuestiones medioambientalmente importantes.

### **3.1.10 Comportamiento medioambiental**

Los indicadores medioambientales son básicamente un instrumento interno para medir y mejorar el comportamiento medioambiental de una empresa, y estos deben de comunicarse con los demás departamentos, para que estén enterados de las metas propuestas en base a este tipo de mediciones y con este tipo de metodología puedan aplicar la mejora continua.

Debido a su característica de representar hechos de una manera compacta y concisa, también son adecuados para la elaboración del informe medioambiental, aunque no es necesario publicar todos los indicadores establecidos internamente.

Una selección manejable de indicadores medioambientales puede proporcionar a grupos de interés externos información sobre las tendencias importantes, sin abrumarlos con una variedad de complejos datos medioambientales.

La información sobre declaraciones medioambientales en el reglamento EMAS proporciona una guía útil para centrarse en los indicadores medioambientales más importantes. Considerar al público en general como el grupo de interés exige publicar los datos más relevantes sobre protección medioambiental de una forma concisa y comprensible (resumiendo los datos medioambientales más importantes).

La siguiente selección de indicadores cumple con las exigencias mínimas (Artículo 5 párrafo 3 del reglamento) y puede ser ampliada con importantes indicadores específicos de la empresa (uso de materiales auxiliares relevantes medioambientalmente, embalajes, transporte).

Mientras que las cifras absolutas proporcionan información para evaluar el consumo y las emisiones totales, los indicadores relativos permiten la evaluación de la eficiencia medioambiental con referencia al desarrollo de la producción o a otras empresas.

Limitar el informe medioambiental a un tipo de indicador (absoluto o relativo) significaría presentar sólo un aspecto.

Para proporcionar una información exhaustiva así como información sobre el desarrollo de la protección medioambiental de la empresa, los informes medioambientales deben incluir tanto los indicadores absolutos como los relativos.

Por ejemplo, podrían resumirse en una tabla coherente al principio del informe medioambiental o de la declaración medioambiental, y ser comentados posteriormente.

“Los datos básicos sobre la empresa (producción, ventas, número de empleados) así como un breve comentario sobre los valores de referencia seleccionados, deben complementar la presentación de los indicadores medioambientales. Otras sugerencias pueden obtenerse en la Norma alemana DIN 33922 sobre elaboración de informes medioambientales.”<sup>14</sup>

### **3.1.11 Análisis de situación/inventario**

Para hacer una selección racional de los indicadores medioambientales, es esencial identificar los impactos medioambientales significativos de las actividades de la empresa.

---

<sup>14</sup> *Ibíd*em

Esto incluye considerar la situación medioambiental de los centros de trabajo o de la región, además de las metas medioambientales sociales y las exigencias externas.

Basándose en esta información, se pueden definir los puntos de atención para el establecimiento y uso de los indicadores. Los centros de trabajo que participen en el EMAS de la Unión Europea pueden beneficiarse de los resultados de la revisión medioambiental inicial así como del registro de impactos medioambientales.

Para las empresas que todavía no tienen un sistema de gestión medioambiental y no tienen previsto ninguno, llevar a cabo un análisis de entradas y salidas, ecobalance de la empresa, es una base segura para obtener indicadores.

Puesto que en él se resumen los materiales entrantes y salientes y los flujos de energía más significativos, puede servir como base para evaluar el impacto medioambiental de la empresa. Con este tipo de análisis se realiza una comparación de lo que se está ingresando y los residuos que se están produciendo en las distintas áreas. Ya que se conoce con más detalle todo el flujo de material que se tiene dentro de la empresa.

Inicialmente, bastará con determinar y registrar los flujos de entradas y salidas más significativos. El apéndice 1c del reglamento EMAS puede usarse como guía para evaluar aspectos medioambientales.

Lo anterior incluye aspectos que se deben considerar para llevar a cabo revisiones medioambientales, así como para derivar objetivos y programas medioambientales que, al mismo tiempo, representan posibles áreas para determinar indicadores.

### **3.1.12 Establecimiento del sistema de indicadores**

La clasificación general de los sistemas de indicadores medioambientales proporciona una estructura preliminar para derivar las categorías principales de un sistema de indicadores hecho a medida para una empresa en concreto. Los aspectos medioambientales de las actividades de la empresa determinadas en el paso uno indican los puntos de atención. Al momento de determinar actividades de medición, se lleva un control de la situación actual, y por lo tanto se gestiona el proceso.

Mientras se recopila un registro de indicadores medioambientales, hay que tener presente el principio de orientación a la meta, y sólo hay que definir indicadores para las categorías en las que la empresa puede influir directamente.

Además de la descripción del indicador medioambiental, incluye las mediciones unitarias de los indicadores absolutos y relativos así como los valores de referencia empleados. Además, se destacan especialmente los indicadores medioambientales que tienen máxima prioridad, y con qué principios de recopilación son coherentes.

En el primer paso, no es necesario derivar indicadores para todas las categorías. El objetivo es determinar las situaciones que probablemente tienen el impacto más importante sobre el medio ambiente. Sin embargo, los impactos medioambientales no siempre son fáciles de cuantificar. Una disponibilidad incompleta de datos medioambientales no implica necesariamente que tenga una relevancia medioambiental mínima.

Con frecuencia, ocurre precisamente lo contrario. Cuando se seleccionan indicadores medioambientales, es esencial que la situación medioambiental de la empresa se represente con la máxima precisión posible. Es poco realista limitar los indicadores a unos cuantos indicadores muy agrupados o sólo a un único indicador cuando se abordan asuntos medioambientales.

“La idea principal es cubrir de manera suficiente y estable las categorías relevantes e importantes con un número manejable de indicadores concisos.”<sup>15</sup>

### **3.1.13 Aplicación de indicadores en la empresa**

La empresa puede emplear los indicadores medioambientales seleccionados con diferentes propósitos en las comparaciones entre empresas o en el análisis de series temporales, tales como análisis de puntos débiles o derivación de objetivos medioambientales.

Por lo tanto, es necesario que también puedan emplearlos los departamentos individuales para el control y seguimiento de los impactos medioambientales. Limitar los datos a un volumen manejable es indispensable para conservar una perspectiva sobre los datos esenciales.

En casos en los que una sola persona es responsable en la empresa de establecer y utilizar el sistema de indicadores, bastará con limitar el trabajo de recopilación y evaluación. Cuando existen diversos departamentos, etapas de producción o procesos productivos, el objetivo es integrar un número limitado de indicadores medioambientales como un instrumento de control en la planificación y control operacional del mayor número posible de departamentos.

---

<sup>15</sup> *Ibíd.*, 18

Para una planificación eficaz, éstos tienen que estar apoyados por “valores objetivo” y ser comparados periódicamente con las cifras reales. Relacionar estos “valores objetivo” con indicadores disponibles, vinculados con la producción, facilitan el acceso del respectivo usuario a la información. El siguiente gráfico ilustra cómo pueden resumirse los indicadores medioambientales junto con las medidas de control tradicionales en un llamado gráfico de cabina.

“Para toda la empresa o para departamentos individuales, se ilustran los indicadores más importantes con referencia a sus respectivos “valores objetivo. La evaluación periódica de los gráficos (por ejemplo mensualmente, trimestralmente), y la comparación de los mismos con los valores objetivo, asegura una rápida y fácil ilustración del desarrollo de indicadores tradicionales y medioambientales. Los gráficos de cabina son (como los diferentes indicadores de la cabina de un piloto) una importante herramienta para la consecución y el seguimiento de las metas. En caso de una desviación de los valores objetivo, como en un sistema de alerta temprana, pueden ponerse en práctica acciones correctoras para alcanzar las metas.”<sup>16</sup>

Para las empresas que todavía no tienen un sistema de gestión medioambiental y no tienen previsto ninguno, llevar a cabo un análisis de entradas y salidas, ecobalance de la empresa, es una base segura para obtener indicadores.

---

<sup>16</sup> *Ibidem.*, 22

## 3.2 Revisión de literatura

### 3.2.1 Concepto de indicador ambiental

#### a. Concepto previo: indicadores ambientales

“Son muchas las definiciones sobre indicadores existentes. Sobre todo, tener en cuenta que la mayoría de los parámetros o variables estadísticas asociados a temas ambientales pueden ser considerados como indicadores siempre que aporten mensajes simples y claros sobre lo que ocurre en el medio ambiente. De las definiciones existentes, es muy importante la establecida por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) que considera que un indicador es un parámetro, o valor derivado de otros parámetros, dirigido a proveer información y describir el estado de un fenómeno con un significado añadido mayor que el directamente asociado a su propio valor.”<sup>17</sup>

Es importante poder responder preguntas sobre que significan y que diferencias existen entre indicadores ambientales, de desarrollo sostenible y de sostenibilidad. Los expertos sostienen extensas discusiones al respecto, en paralelo a las disquisiciones académicas respecto del significado de los términos sostenibilidad ambiental (de distintos procesos), desarrollo sostenible, por mencionar los más utilizados.

Estos desarrollos evidencian el carácter emergente de la temática de la sostenibilidad, la cual implica desafíos científicos, epistemológicos e instrumentales considerables; y

---

<sup>17</sup> Aguirre Royuela, Miguel Álvaro, Los sistemas de indicadores ambientales y su papel en la información e integración del medio ambiente, (España: *Ministerio ambiente*, 2002), 9.

sin embargo, la urgencia de contar con indicadores que orienten las acciones ambientales y de desarrollo de la sostenibilidad, nos obliga a avanzar en paralelo al desarrollo en el ámbito conceptual.

Si se necesita una definición que este dada por los organismos nacionales que se dedican al tema ambiental, no encontramos una definición nueva o propuesta por los mismos. Un ejemplo claro es el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales que únicamente se basa en lo propuesto por el Instituto de agricultura, recursos naturales y ambiente de la Universidad Rafael Landívar, y toman información de otras organizaciones para poder publicar documentos técnicos referentes a indicadores ambientales.

“Una propuesta derivada de la anterior, en la que: Un indicador ambiental es una variable que ha sido socialmente dotada de un significado añadido al derivado de su propia configuración científica, con el fin de reflejar de forma sintética una preocupación social con respecto al medio ambiente e insertarla coherentemente en el proceso de toma de decisiones.”<sup>18</sup>

“En esta misma publicación se contempla el concepto de índice, que se puede identificar como la expresión numérica, de carácter adimensional, obtenida de la fusión de varias variables ambientales mediante criterios de ponderación específicamente definidos. Posee un carácter social más acentuado debido a la intencionalidad con que se establece el proceso de ponderación. Los índices, por tanto, puede hacer el papel de los indicadores.”<sup>19</sup>

---

<sup>18</sup> *Ibíd.*, 35

<sup>19</sup> *Ibíd.*, 38

Los indicadores ambientales son una fuente clara, directa y fiable del comportamiento ambiental de una empresa o actividad que se realice dentro de la misma, para medición en base a datos de los impactos tanto positivos como negativos de la misma. La palabra indicador viene del verbo latín *indicare*, que significa mostrar, anunciar, estimar o asignar un precio.

La organización ISO como otros organismos no oficiales, están intentando definir unos indicadores ambientales que muestren el estado ambiental de la actividad empresarial. Con la ISO 140031 podemos nombrar un ejemplo claro, con la cual podemos evaluar el desempeño ambiental de una organización.

“Muchas son las empresas que se han aprovechado de, o se han visto arrastradas por, la gran marea de la implantación de sistemas de gestión ambiental ISO 14001 o EMAS. Tienen por objetivo estos sistemas el conocimiento, el control y la mejora continua de la gestión ambiental, del sistema de gestión ambiental y, lo más importante, del comportamiento ambiental de las organizaciones que los adoptan.”<sup>20</sup>

Los indicadores pueden ayudar a medir periódicamente en el tiempo los beneficios asociados con la optimización ambiental de los procesos de los distintos rubros de negocio y/o la reducción de los riesgos financieros asociados con el medio ambiente, así como a comunicarlos adecuadamente a empleados y directivos. Si se poseen datos sobre el impacto

---

<sup>20</sup> *Ibidem.*, 40

ambiental de la actividad que deseamos realizar, podemos conocer con mayor certeza si es factible llevar a cabo los procesos asociados.

“Por otra parte, recoger y evaluar los datos ambientales que necesitan los indicadores es sin duda un proceso de aprendizaje que contribuye a la mejora del propio sistema de gestión ambiental. Son parámetros o estadísticas que permiten analizar las tendencias sobre los cambios en el medio ambiente o el estado del mismo.”<sup>21</sup>

Los indicadores condensan la información y simplifican el entendimiento a los fenómenos medioambientales, comúnmente complejos, lo que les hace muy útiles para la comunicación y entendimiento de las partes interesadas.

“Proveen información sobre las condiciones ambientales que nos rodean, las presiones que afectan los sistemas naturales. Reportan las actividades de los gobiernos, industrias, organizaciones e individuos que responden a las presiones. Fortalecen el conocimiento y la participación ciudadana.”<sup>22</sup>

Por último, se destaca el Instituto francés de medio ambiente –IFEN- que define los indicadores como: “Un dato que ha sido seleccionado a partir de un conjunto estadístico más amplio por poseer una significación y una representatividad particulares.

---

<sup>21</sup> *Ibidem.*, 50

<sup>22</sup> *Ibidem.*, 51

De entre todas las características o criterios para selección de los indicadores ambientales, se pueden destacar los siguientes:

- Relevantes a escala nacional (aunque pueden ser utilizados a escalas regionales o locales, sí fuera pertinente). Como es el caso de hidroeléctrica Santa Teresa, que se elaborarán a nivel local y pueden adaptarse a las otras plantas pertenecientes a la unidad de energía dentro de corporación multi-inversiones.
- Pertinentes frente a los objetivos de desarrollo sostenible u otros que se persigan.
- Comprensibles, claros, simples y no ambiguos. Que se puedan entender fácilmente por cualquier persona.
- Realizables dentro de los límites del sistema estadístico nacional y disponibles con el menor coste posible. Recopilar información histórica para evitar gastos innecesarios.<sup>23</sup>

“Hacer uso de indicadores no es más que hacer uso de estadísticas, parámetros y variables que proveen información para valorar el estado y tendencias concernientes a una condición o fenómeno ambiental.”

---

<sup>23</sup> *Ibíd.*, 52

“Los indicadores ambientales deben de poseer algunas características o criterios de selección:

- Relevantes: a escala nacional
- Pertinentes: frente a objetivos de desarrollo
- Comprensibles: claros, simples, no ambiguos
- Realizables: limite estadístico y menor costo posible
- Limitados en números: criterio de enriquecimiento”<sup>24</sup>

Respecto a la utilidad de los indicadores ambientales, se pueden mencionar cientos de estas, pero se presentan las funciones principales que han sido establecidas por la organización internacional de normalización:

- Proveer información sobre los problemas ambientales.
- Apoyar y mejorar el desarrollo de políticas y el establecimiento de metas, identificando los factores importantes de presión sobre el medio ambiente.
- Contribuir al seguimiento de las políticas de respuesta y especialmente sobre las de integración.

---

<sup>24</sup> *Ibidem.*, 53

- Ser una herramienta para difusión de información en todos los niveles, tanto para responsables políticos, expertos o científicos y público general.<sup>25</sup>

“Así mismo, en un sistema de indicadores ambientales la definición de indicadores se debe ajustar a criterios básicos que se refieren a la necesidad de establecer indicadores cuya comprensión sea sencilla y accesible a los no especialistas. Constituir una expresión clara de estado y tendencia, generalizable al área temática de referencia. Que el conjunto de indicadores definidos sea comprensivo de la realidad ambiental a la que se refiere.”<sup>26</sup>

La creación de un sistema de Indicadores persigue los siguientes objetivos:

- Facilitar la evaluación de la situación ambiental de un territorio o de una problemática específica.
- Proporcionar datos equivalentes entre sí en las diferentes regiones y países, de forma que puedan también agruparse para obtener datos globales (nacionales e internacionales).
- Proporcionar información sistematizada y de fácil comprensión para el público no experto en la materia sobre la situación ambiental en el ámbito que se contemple.<sup>27</sup>

---

<sup>25</sup> *Ibidem.*, 54

<sup>26</sup> *Ibidem.*, 55

<sup>27</sup> *Ibidem*

“En definitiva, los indicadores ambientales se refieren siempre a problemas ambientales socialmente relevantes y deben comunicar y orientar la interpretación de un dato de tal modo que puedan ser útiles a los procesos de toma de decisiones y, en general, constituyan una buena base de consulta, completa y asequible, para un público amplio y no necesariamente experto.”<sup>28</sup>

En resumen: Por tanto, los indicadores condensan la información, simplifican la aproximación a los problemas medioambientales, a menudo muy complejos, y sirven de instrumento útil para la comunicación de los mismos.

#### **b. Que son los Indicadores Ambientales**

Hay gente que en muchos países ha estado midiendo las tendencias ambientales desde la década de 1970, pero no ha avanzado mucho en la simplificación y comunicación de esta información.

Ni el indicador de desarrollo humano (IDH) ni el producto interno bruto (PIB) nos dice nada sobre la conservación o la condición del medio ambiente. Organizaciones como el Instituto de Recursos del Mundo y el Programa de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente han ayudado a recolectar una gran cantidad de datos que son importantes para muchos países. Sin embargo, desde la Cumbre de la Tierra en Río, en el año de 1992, se está recolectando y comunicando mucha más información.

---

<sup>28</sup> *Ibíd*em

Hasta hace poco, existía acuerdo sólo sobre unos pocos indicadores ambientales. Una excepción es el índice de calidad del aire para muchas grandes ciudades tales como la ciudad de México. Donde existe, es frecuente que las medidas de la contaminación del aire se transmitan diariamente, junto con el parte meteorológico.

Muchos países han producido informes sobre el estado del medio ambiente. Estos reportes contienen datos útiles pero no en forma tan simple para que puedan ser considerados indicadores. Además que los datos son publicados sin un fin determinado, como por ejemplo la gestión ambiental o social.

El enfoque empleado consiste en recolectar un conjunto de indicadores ambientales, sin tratar de convertirlos en un único índice. Es importante definir al seleccionar indicadores, qué asuntos y temas son los que interesan. De otro modo, la gente va a sugerir cientos de indicadores que tendrán que ser publicados en libros gigantescos que serán leídos sólo por unos pocos.

Algunos investigadores estiman que los indicadores ambientales son de tres tipos. Primero, las actividades humanas ejercen presión en el medio ambiente por ejemplo la industria maderera. Estas presiones cambian la condición del medio ambiente, normalmente empeorándolo, por ejemplo la deforestación.

La sociedad entonces, reacciona a los cambios ambientales modificando sus actividades, por ejemplo reciclando papel. Este círculo de retroalimentación se

denomina el modelo Presión-Estado-Reacción y fue desarrollado inicialmente por la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico –OCDE-.

Este modelo ha sido útil para comprender cómo los indicadores pueden seguir la pista del progreso como parte del enfrentamiento a los problemas ambientales.

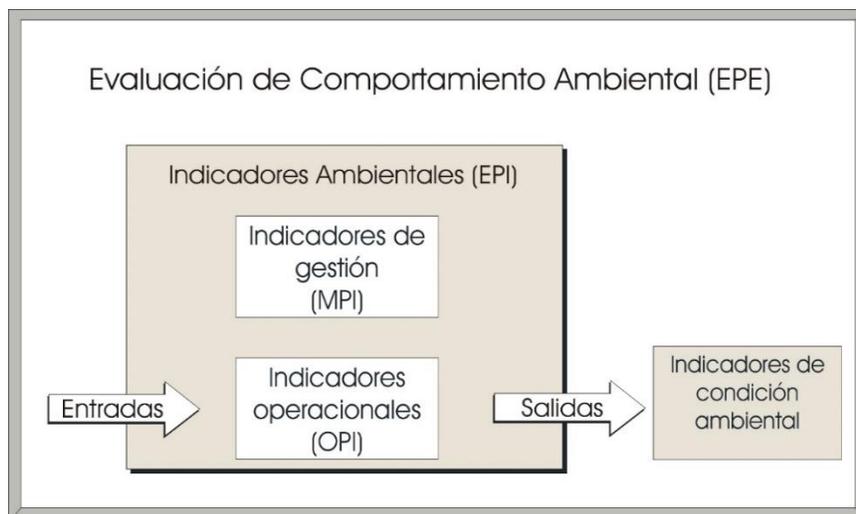
Es por eso que es importante conocer cada uno de los factores que intervienen en el medio ambiente, ya que debemos de conocer el tipo de impacto al cual nos afrontamos y el daño que este ocasiona, para poder generar datos confiables.

El *World Wildlife Fund for Nature*, o en español, fondo mundial para la naturaleza, ha venido trabajando recientemente en un índice del planeta viviente, destinado a proporcionar un único índice ambiental para todos los países del mundo (un equivalente verde del índice de desarrollo humano).

El índice del planeta viviente, el cual se encuentra en proceso de desarrollo, incluirá indicadores sobre el estado mundial del ambiente, especies y hábitats, y sobre las presiones humanas que se ejercen sobre el planeta. A diferencia de los grupos de información, el desarrollo de índices ambientales para el plano local tomará muchos años más para lograrse.

## GRÁFICA 4

### TIPOS DE INDICADORES SEGÚN ISO 14031



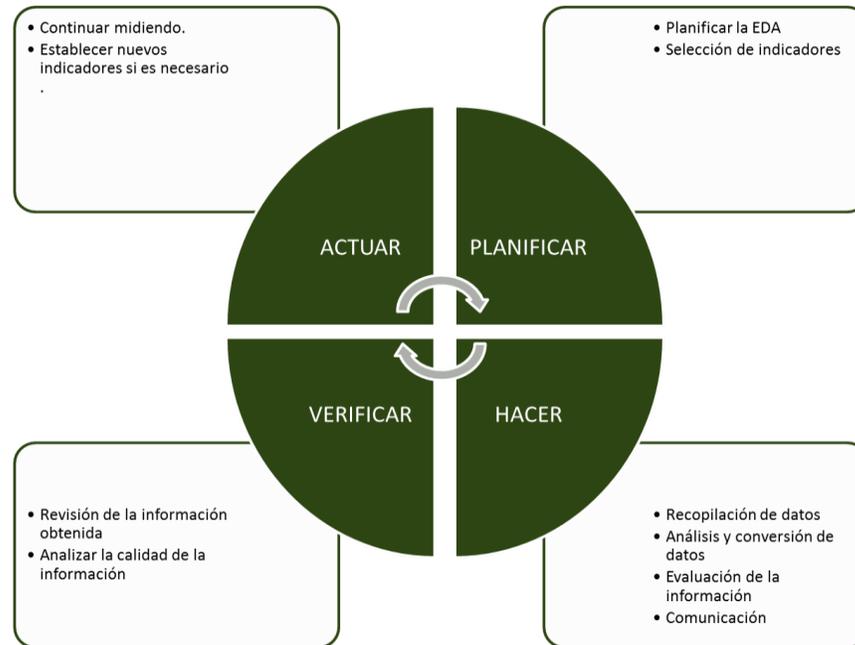
Fuente: ISO 14031, 1999.

Como bien se ha mencionado, la organización internacional de estandarización, ha dado algunos aspectos claves para la formulación de indicadores ambientales, tomándolos desde un punto de vista de comportamiento ambiental, para la medición de estos indicadores en las empresas que deseen agregarlos a su sistema de gestión.

Según ISO 14031, la evaluación de comportamiento ambiental es un proceso de gestión interna y una herramienta diseñada para proporcionar a la dirección información fidedigna y verificable de un modo continuo, que permita determinar si el comportamiento medioambiental de una organización satisface los criterios establecidos por la dirección misma.

## GRÁFICA 5

### COMPONENTES DE LOS INDICADORES DE RESPUESTA



**Fuente:** ISO 14031. 1999.

#### c. Marco de presentación de los sistemas de indicadores ambientales:

“Existen distintos esquemas de presentación de los sistemas de indicadores que también se utilizan para clasificación de los indicadores que los constituyen. Aunque en la actualidad son varios los modelos existentes, los que presentan una mayor proyección son los siguientes: Modelo Presión-Estado-Respuesta y Modelo Fuerzas motrices-Presión-Estado-Impacto-Respuesta.<sup>29</sup>

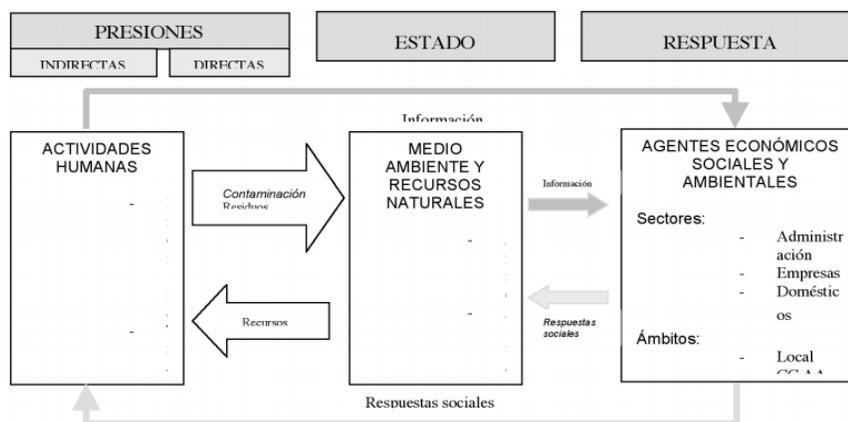
<sup>29</sup> *Ibidem.*, 60

“El modelo de presión–estado–respuesta (PER), establecido por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) obedece a una lógica según la cual las actividades humanas ejercen presiones sobre el entorno y los recursos ambientales y naturales, alterando, en mayor o menor medida, su estado inicial.”<sup>30</sup>

Como consecuencia de este tipo de métodos para creación de indicadores ambientales, nacen ilustraciones en las cuales nos indican el orden de llevar a cabo la formulación de los mismos, y como este tipo de parámetros se van integrando en un ciclo para generar información tomando distintos focos de información que se van entrelazando como un indicador ambiental, que sea fácil de entender y nos dé una visión clara del porqué de nuestros impactos.

## GRÁFICA 6

### MODELO PRESIÓN-ESTADO-RESPUESTA



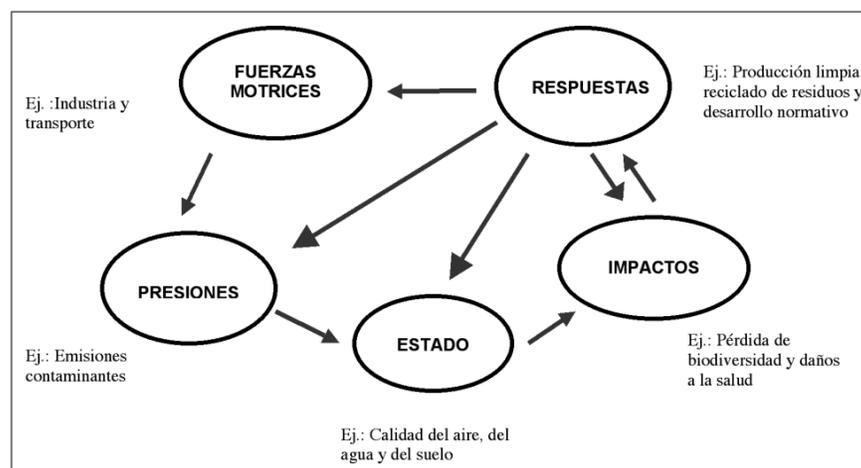
**Fuente:** Diseñado por Anthony Friend, 1970.

<sup>30</sup> *Ibidem*.

“Otro marco de análisis en apariencia más complejo que el modelo PER de la OCDE, ha sido desarrollado por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA). Se trata del modelo FPEIR: Fuerzas Motrices-Presión-Estado-Impacto-Respuesta. Este tipo de modelo está enfocado a las empresas, y es de fácil adaptación para la industria manufacturera que utiliza materia prima y con sus procesos la modifica para tener el producto final. El único inconveniente con este modelo es que no involucra la disposición final de la materia prima al cumplir con su ciclo de vida, y el impacto ocasionado por esto. Únicamente se enfoca en la vida útil del mismo y no de la eliminación del mismo.”<sup>31</sup>

## GRÁFICA 7

### MODELO FPEIR



**Fuente:** Diseñado por Anthony Friend, 1 970.

“El modelo se fundamenta en una evolución secuencial en la que el desarrollo social y económico origina Presiones en el medio, que dan lugar a una serie de cambios en el Estado del medio ambiente. Con esto se producen una serie de Respuestas por parte de los agentes sociales y los poderes públicos destinadas a mejorar la gestión económica y social, a eliminar o reducir esas presiones, a restaurar y recuperar el estado del medio y las alteraciones derivadas de los impactos.”<sup>32</sup>

<sup>31</sup> *Ibíd.*

<sup>32</sup> *Ibíd.*

Como puede observarse, este modelo incorpora al anterior de P-E-R las tendencias sectoriales sociales y económicas ambientalmente relevantes que son responsables de las situaciones, así como los efectos adversos de los cambios de estado detectados en la salud y comportamiento humanos, el medio ambiente, la economía y la sociedad.<sup>33</sup>

**d. Esquema Presión-Estado-Respuesta (PER)**

El esquema PER está basado en una lógica de causalidad: las actividades humanas ejercen presiones sobre el ambiente y cambian la calidad y cantidad de los recursos naturales. Asimismo, la sociedad responde a estos cambios a través de políticas ambientales, económicas y sectoriales (respuestas) (OCDE, 1993).

“Es importante hacer notar que, si bien resulta un esquema lógico en términos de la relación entre presiones, estado y acciones, sugiere una relación horizontal de la interacción entre las actividades humanas y el ambiente, la cual no suele ser cierta y oculta los aspectos complejos de estas interacciones. Con lo cual se vuelve más técnico la comprensión de este flujo. En este esquema de presentación, los indicadores se clasifican en tres grupos: presión, estado y respuesta. En el cual la presión es el impacto ocasionado por nuestra actividad, el estado es como se encuentra en ese momento el sistema afectado y la respuesta es el nivel de adaptabilidad al impacto recibido<sup>34</sup>

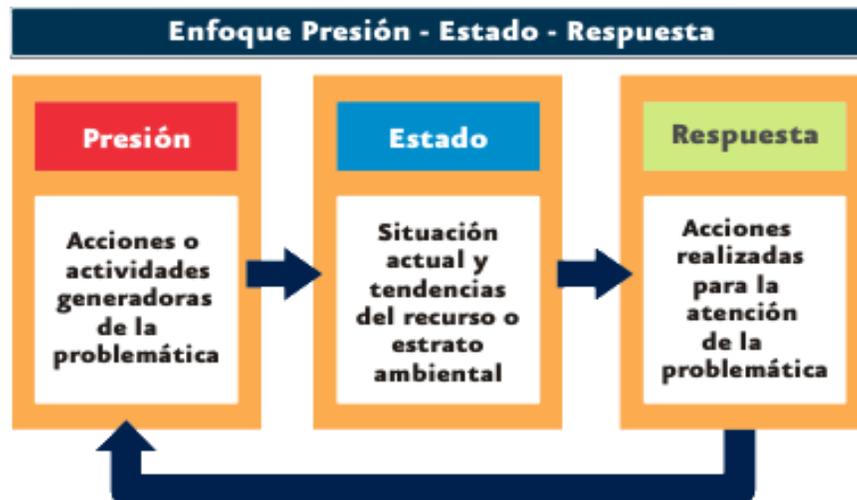
---

<sup>33</sup> *Ibíd.*

<sup>34</sup> *Ibíd.*

## GRÁFICA 8

### ENFOQUE PRESIÓN, ESTADO Y RESPUESTA



Fuente: Agencia de protección ambiental. 1999.

#### e. Indicadores de presión

Describen las presiones que ejercen las diferentes actividades humanas sobre el ambiente y los recursos naturales. Identificando los impactos negativos y positivos en los distintos entornos.

Un ejemplo de indicador de presión sobre la calidad del aire son las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, como lo son los GEI (gases de efecto invernadero).

Normalmente los impactos o valorización de los mismos, son basados en presión, con lo cual, cuando se realizan análisis de actividades únicamente se toman en cuenta este tipo de indicador.

“Los indicadores de presión se clasifican a su vez en dos grupos: el primero considera las presiones directas sobre el ambiente, frecuentemente ocasionadas por las actividades humanas, tales como los volúmenes de residuos generados y las emisiones de contaminantes. El segundo toma en cuenta las actividades humanas en sí mismas, es decir, las condiciones de aquellas actividades productivas o de otro tipo que generan la problemática; por ejemplo, la evolución y características de la planta vehicular. Estos últimos son denominados indicadores de presión indirecta y ofrecen elementos para pronosticar la evolución de la problemática.”<sup>35</sup>

## GRÁFICA 9

### COMPONENTES DE LOS INDICADORES DE PRESIÓN



**Fuente:** Agencia de protección ambiental. 1999.

#### f. Indicadores de estado

“Se refieren a la calidad del ambiente y la cantidad y estado de los recursos naturales. Son ejemplo de ellos la calidad del aire o el agua, evaluada por las concentraciones de contaminantes y la cantidad de recursos naturales, por ejemplo, la superficie cubierta por bosques. Los indicadores de estado deben estar diseñados para dar información sobre la situación del ambiente y sus cambios a través del tiempo. En este tipo de indicadores se consideran también los efectos a la salud de la población y a los ecosistemas causados por el deterioro del ambiente.”<sup>36</sup>

<sup>35</sup> *Ibidem.*, 62

<sup>36</sup> *Ibidem.*

Se hacen uso de este tipo de indicadores en la creación de políticas ambientales que sirvan de guía para la protección y mejoramiento del medio ambiente. Un ejemplo claro en Guatemala es la política de residuos sólidos, que fue fundamentada para el mejoramiento en este eje ambiental. Aunque no ha sido desarrollada en los distintos sectores, puede ser utilizada para la cuantificación de residuos y con este proceso obtener datos de volúmenes y cantidad de personas involucrada en la producción de residuos.

Es importante entender tanto el estado del medio ambiente como los efectos indirectos. Los indicadores de estado deberían ser diseñados para responder a las presiones y al mismo tiempo facilitar acciones correctivas.

## GRÁFICA 10

### COMPONENTES DE LOS INDICADORES DE ESTADO



Fuente: Agencia de protección ambiental. 1999.

## g. Indicadores de respuesta

“Presentan los esfuerzos que realiza la sociedad, las instituciones o gobiernos orientados a la reducción o mitigación de la degradación del ambiente. En general, las acciones de respuesta están dirigidas hacia dos objetivos: i) los agentes de presión y ii) las variables de estado. Si utilizamos como ejemplo el problema del deterioro de las poblaciones de tortugas marinas, los indicadores de respuesta podrían incluir tanto los resultados del avance en el establecimiento de dispositivos excluidores de tortugas en la flota camaronera (respuesta a la presión), como los resultados de los programas para la cría y la liberación de tortugas (respuesta al deterioro del recurso).”<sup>37</sup>

Las respuestas deberían estar diseñadas para actuar sobre las presiones, pero pueden al mismo tiempo tener un impacto modificador en los indicadores de estado.

### GRÁFICA 11

#### COMPONENTES DE LOS INDICADORES DE RESPUESTA



**Fuente:** Agencia de protección ambiental. 1999.

<sup>37</sup> *Ibidem.*

“Es frecuente que algunos indicadores de respuesta también se consideren indicadores de estado. Por ejemplo, la superficie cubierta por áreas naturales protegidas ofrece una idea del esfuerzo que se hace para conservar el ambiente y, al mismo tiempo, está relacionada con el grado de conservación que tiene la biodiversidad. Este tipo de sistemas repercute en el tema social, ya que se da una idea del estado actual de nuestros recursos para administrarlos de la mejor manera.”<sup>38</sup>

“Los indicadores de respuesta son más diversos y específicos que los anteriores, ya que describen situaciones muy particulares. A diferencia de los indicadores de estado, no existe mucha experiencia para evaluar su confiabilidad empírica. Los indicadores de respuesta no tienen una naturaleza cuantitativa, por lo menos en principio. Por ejemplo, ante el problema del enrarecimiento de la capa de ozono estratosférico, una respuesta es simplemente la firma o no de un compromiso para reducir la producción y emisión de sustancias agotadoras de ozono, como lo es el Protocolo de Montreal.”<sup>39</sup>

---

<sup>38</sup> *Ibidem.*

<sup>39</sup> *Ibidem.*

## **CAPÍTULO 4**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS: INDICADORES AMBIENTALES**

#### **4.1 Indicadores de gestión ambiental en planta hidroeléctrica Santa Teresa**

Para llevar a cabo la línea base para indicadores ambientales en planta hidroeléctrica Santa Teresa, se utilizó la metodología propuesta en el capítulo 2.

Como se describió en la metodología se analizaron 6 distintos factores los cuales son:

1. Energía eléctrica
2. Agua entubada
3. Áreas intervenidas y reforestadas
4. Consumo de papel
5. Residuos sólidos y líquidos
6. Combustibles fósiles

En cada uno de los factores mencionados se tomaron en cuenta distintas variables, como lo son cantidad de personal, libras para pesos, potencia de generación o en este caso de consumo para energía eléctrica, metros cúbicos para medición de agua, cantidad de hojas, galones y kilómetros para combustibles y áreas para descripciones físicas.

Primero, análisis del consumo de energía eléctrica, que se midió en kilovatios por hora per capita, en Campamento San Enrique y Presa, y para el caso de Casa de Máquinas en Megavatios por hora per capita, esto debido al alto consumo que se tiene en esta área, por la cantidad de equipos instalados y dicha área es en donde se genera la energía eléctrica, con lo cual se tiene un grado alto de producción y consumo.

## **4.2 Energía eléctrica**

### **4.2.1 Campamento San Enrique**

En campamento San Enrique se contó con la particularidad de que es un área de uso administrativo y domiciliar, con lo cual existe una gran afluencia de personal que labora en horario de 7:00 am. a 5:00 pm. y posteriormente algunos colaboradores se quedan a dormir en dichas instalaciones en las cuales se cuenta con habitaciones.

Es importante mencionar que se cuenta con taller de mecánica y soldadura, así como también 3 bodegas generales y 1 bodega de químicos, oficinas, salón de reuniones, comedor, gimnasio, baños en todas las áreas, cancha de recreación, garita de seguridad, parqueo iluminado y 17 habitaciones con todos sus servicios básicos, incluyendo aire acondicionado.

Con todas estas particularidades, es el área en donde se tiene mayor movimiento, y en la cual los 365 días del año se encuentran por lo menos 7 personas en dichas instalaciones (3 operadores en descanso, 2 personas en comedor y 2 guardias de seguridad).

Además cabe resaltar que se cuenta con equipos de soldadura eléctrica, los cuales se utilizan a diario, por el tipo de proyecto, ya que es normal contar con proyectos para mejora y mantenimiento de las instalaciones por parte del equipo de Obra Civil. Esto se evidencia en que se cuenta con 2 colaboradores fijos que ocupan el puesto de soldador.

Así que con la lectura de facturas emitidas por la organización gubernamental correspondiente en cuanto a consumo de energía eléctrica, y al apoyo del asistente administrativo para obtener el número de colaboradores por área se obtuvieron los siguientes indicadores de desempeño para el año 2015 y primer semestre del año 2016:

## CUADRO 2

### CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA CAMPAMENTO SAN ENRIQUE HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA, AÑO 2015

INDICADORES AMBIENTALES			
Consumo de Energía Eléctrica "Campamento San Enrique", Santa Teresa			
Año 2015			
Mes	Cantidad (kw-h)	No. De colaboradores	Cantidad (kw-h/persona)
Enero	3638	59	61.66
Febrero	3677	60	61.28
Marzo	3589	60	59.82
Abril	3267	61	53.56
Mayo	3546	61	58.13
Junio	4006	62	64.61
Julio	3804	62	61.35
Agosto	3291	62	53.08
Septiembre	3567	62	57.53
Octubre	3279	62	52.89
Noviembre	4050	48	84.38
Diciembre	4135	48	86.15
<b>TOTAL</b>	<b>43849</b>	<b>59</b>	<b>744.25</b>

Nota: El consumo promedio per capita mensual de los colaboradores de trabajo permanente.

Fuente: Investigación de campo, 2016.

Así mismo se procedió con la misma metodología para tomar los datos del año 2016, únicamente del primer semestre, y la particularidad de que en el presente año se tuvo una rebaja de personal, de un promedio de colaboradores en el año 2015 de 59 a contar con 43 colaboradores 5 meses del primer semestre del año 2016.

### CUADRO 3

#### CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN CAMPAMENTO SAN ENRIQUE, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA, AÑO 2016

INDICADORES AMBIENTALES			
Consumo de Energía Eléctrica "Campamento San Enrique", Santa Teresa			
Año 2016			
Mes	Cantidad (kw-h)	No. De colaboradores	Cantidad (kw-h/persona)
Enero	3808	43	88.56
Febrero	4340	43	100.93
Marzo	3385	43	78.72
Abril	4620	61	75.74
Mayo	4647	43	108.07
Junio	3931	43	91.42
<b>TOTAL</b>	<b>24731</b>	<b>46</b>	<b>537.63</b>

Nota: El consumo promedio per capita mensual de los colaboradores de trabajo permanente.

**Fuente:** Investigación de campo, 2016.

#### a. Análisis y discusión de resultados

Como bien se explicó anteriormente, en Campamento San Enrique existe afluencia de personas a las distintas áreas, con un promedio del año 2015 de 59 personas y del primer semestre del año 2016 de 46 personas, esto viene a responder al traslado de personal que se realizó a finales del año 2015 por parte de la gerencia de planta, hacia otras plantas de la división.

Con este tipo de movimientos en las áreas, es en donde cobra importancia el consumo per capita, para no enfocarnos tanto en el consumo de energía, sino en el desempeño o uso que se le da a este recurso por parte de los colaboradores, y con dichos datos se obtuvo un promedio de consumo de 62 Kw-hora/persona en el año 2015, y 44.80 Kw-hora/persona en el primer semestre del año 2016, lo que refleja claramente el mejoramiento en cuanto al consumo de energía eléctrica en esta área.

También se puede constatar algunos meses en los cuales se tiene un mayor consumo, como lo son Noviembre y Diciembre, y esto se debe a que en estos meses la producción de energía eléctrica aumenta por ser época de invierno, con lo cual los trabajos en operación y mantenimiento se ven con mayor regularidad y por lo tanto el consumo es elevado.

#### **4.2.2 Presa**

En el área de presa, se cuenta con 3 personas que laboran de manera regular dentro de esta instalación, que son el operador de turno, topógrafo y guardián en garita. En esta área regularmente no se tiene mayor movilidad de personal, ya que existe un operador y guardián de garita que pasa las 24 horas del día, 365 días del año en turno y el topógrafo que labora en un horario administrativo.

Además en esta área, no se cuentan con equipos grandes que puedan consumir energía eléctrica, y únicamente se cuenta con un sistema de alumbrado para las áreas como baño, galerías de presa, cuarto de control, garitas y caminos de acceso a las instalaciones.

Como punto importante es la colocación de un circuito cerrado de cámaras, que pudiera consumir algún tipo de energía extra adicional al año 2015.

## CUADRO 4

### CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN PRESA, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA, AÑO 2015

INDICADORES AMBIENTALES			
Consumo de Energía Eléctrica "Presa", Santa Teresa			
Año 2015			
Mes	Cantidad (kw-h)	No. De colaboradores	Cantidad (kw-h/persona)
Enero	64	3	21.33
Febrero	50	3	16.67
Marzo	67	3	22.33
Abril	67	3	22.33
Mayo	40	3	13.33
Junio	82	3	27.33
Julio	63	3	21
Agosto	82	3	27.33
Septiembre	90	3	30
Octubre	88	3	29.33
Noviembre	87	3	29
Diciembre	87	3	29
<b>TOTAL</b>	<b>867</b>	<b>3</b>	<b>289</b>

Nota: El consumo promedio per capita mensual de los colaboradores de trabajo permanente.

**Fuente:** Investigación de campo, 2016.

Al igual que en Campamento San Enrique, se realizaron las mediciones para el año 2016 en el primer semestre, con datos del consumo en presa, y cabe resaltar que en dicha área no hubo movimiento de personal, con lo cual se mantuvo en 3 la cantidad de colaboradores fijos en esta área.

**CUADRO 5**  
**CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN**  
**PRESA, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA,**  
**AÑO 2016**

<b>INDICADORES AMBIENTALES</b>			
Consumo de Energía Eléctrica "Presa", Santa Teresa			
Año 2016			
Mes	Cantidad (kw-h)	No. De colaboradores	Cantidad (kw-h/persona)
Enero	93	3	31.00
Febrero	89	3	29.67
Marzo	77	3	25.67
Abril	70	3	23.33
Mayo	73	3	24.33
Junio	66	3	22.00
<b>TOTAL</b>	<b>468</b>	<b>3</b>	<b>156</b>
<small>Nota: El consumo promedio per capita mensual de los colaboradores de trabajo permanente.</small>			

**Fuente:** Investigación de campo, 2016.

**a. Análisis y discusión de resultados**

El área de presa presenta un aumento considerable en cuanto a consumo de energía eléctrica en esta área en los últimos meses del año 2015 y primeros del año 2016, esto viene a responder a que en dichos meses se tenía movimiento las 24 horas, ya que existía agua suficiente para poder generar energía eléctrica todo el día, con lo cual se utilizaba mayor recurso humano, y por lo tanto mayor recurso energético.

En los meses posteriores se tuvo un decaimiento nuevamente en cuanto a consumo de energía eléctrica en esta área, ya que se entró en una época de estiaje, por lo tanto las operaciones se limitaban únicamente a llevarse a cabo de 6:00 pm a 10:00 pm.

### 4.2.3 Casa de máquinas

En el área de presa, se cuenta con 3 personas que laboran de manera regular dentro de esta instalación, que son el operador de turno, topógrafo y guardián en garita. En esta área regularmente no se tiene mayor movilidad de personal, ya que existe un operador y guardián de garita que pasa las 24 horas del día, 365 días del año en turno y el topógrafo que labora en un horario administrativo.

## CUADRO 6

### CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN CASA DE MÁQUINAS, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA AÑO 2015

INDICADORES AMBIENTALES			
Consumo de Energía Eléctrica "Casa de Máquinas", Santa Teresa Año 2015			
Mes	Cantidad (Mw-h)	No. De colaboradores	Cantidad (Mw-h/persona)
Enero	38.2052	5	7.64
Febrero	33.434	5	6.69
Marzo	33.1	5	6.62
Abril	26.47	5	5.29
Mayo	40.08	5	8.02
Junio	48.719	5	9.74
Julio	50.281	5	10.06
Agosto	43.512	5	8.70
Septiembre	47.168	5	9.43
Octubre	47.672	5	9.53
Noviembre	48.508	5	9.70
Diciembre	48.288	5	9.66
<b>TOTAL</b>	<b>505.4372</b>	<b>5</b>	<b>8.42</b>

Nota: El consumo promedio per capita mensual de los colaboradores de trabajo permanente.

**Fuente:** Investigación de campo, 2016.

Con la misma metodología se procedió a la recopilación de datos en Casa de máquinas, contando con la misma cantidad de personal en dicha área: 1 jefe operador de turno, 1 asistente electricista, 1 asistente mecánico, 1 guardia de seguridad y 1 asistente de limpieza.

## CUADRO 7

### CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN CASA DE MÁQUINAS, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA AÑO 2016

INDICADORES AMBIENTALES			
Consumo de Energía Eléctrica "Casa de Máquinas", Santa Teresa			
Año 2016			
Mes	Cantidad (Mw-h)	No. De colaboradores	Cantidad (Mw-h/persona)
Enero	38.2052	5	38.33
Febrero	33.434	5	33.49
Marzo	33.1	5	34.13
Abril	26.47	5	31.19
Mayo	40.08	5	30.99
Junio	48.719	5	40.10
<b>TOTAL</b>	<b>220.0082</b>	<b>5</b>	<b>34.71</b>
<small>Nota: El consumo promedio per capita mensual de los colaboradores de trabajo permanente.</small>			

**Fuente:** Investigación de campo, 2016.

#### a. Análisis y discusión de resultados

Como se mencionó anteriormente en casa de máquinas el consumo de energía es elevado, debido a la cantidad de equipos que existen y las actividades que allí se realizan, es por ello que se manejó el termino Megavatio, para que los números no fueran tan extensos.

En los meses posteriores se tuvo un decaimiento nuevamente en cuanto a consumo de energía eléctrica en esta área, ya que se entró en una época de estiaje, por lo tanto las operaciones se limitaban únicamente a llevarse a cabo de 6:00 pm a 10:00 pm.

## 4.3 Agua entubada

### 4.3.1 Campamento San Enrique

Los primeros días del mes de Enero del año 2016 se instaló un contador de agua en el inicio de tubería para distribución del vital líquido en las instalaciones de Campamento San Enrique. Con dicha acción se pudieron obtener datos sobre consumo de agua entubada (no es agua potable, ya que según análisis no cumple con los parámetros establecidos por la norma COGUANOR NTG 29001).

## CUADRO 8

### CONSUMO DE AGUA ENTUBADA EN CAMPAMENTO SAN ENRIQUE, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA, AÑO 2016

INDICADORES AMBIENTALES			
Consumo de agua entubada "Campamento San Enrique", Santa Teresa			
Año 2016			
Mes	Cantidad (M3)	No. De colaboradores	Cantidad (M3/persona/mes)
Enero	47	48	0.98
Febrero	39	42	0.93
Marzo	41	43	0.95
Abril	54	81	0.67
Mayo	45	43	1.05
Junio	46	43	1.07
<b>TOTAL</b>	<b>272</b>	<b>50</b>	<b>0.94</b>

Nota: El consumo promedio per capita mensual de los colaboradores de trabajo permanente.

**Fuente:** Investigación de campo, 2016.

#### a. Análisis y discusión de resultados

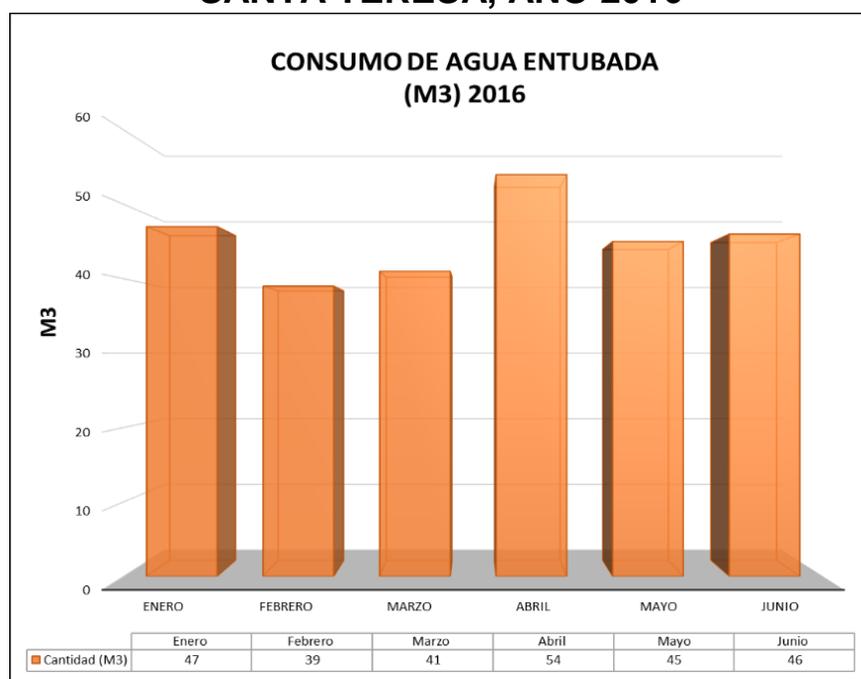
El consumo de agua entubada en el área de Campamento San Enrique, no varió considerablemente mes a mes, únicamente se tiene una disminución de consumo en el mes de febrero, posiblemente por la cantidad de días del mes.

Y en el mes de abril se tuvo un pico, esto viene a responder a que en este mes se realizó mantenimiento mayor a la planta, y el número de colaboradores fijos aumento dicho mes; pero al ver el consumo per cápita, en dicho mes el consumo fue más eficiente.

Cabe mencionar que en Campamento San Enrique se realizan además de las actividades administrativas y domiciliarias, lavado en algunos días de vehículos, y el más importante, el riego de jardines instalados en el área, lo que aumenta el consumo per cápita.

## GRÁFICA 12

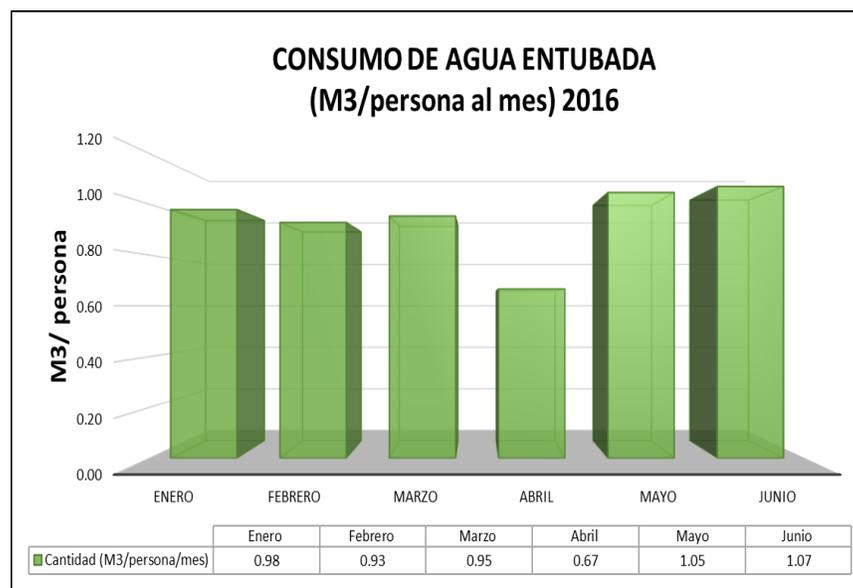
### CONSUMO DE AGUA ENTUBADA EN M3 POR MES DENTRO DE CAMPAMENTO SAN ENRIQUE, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA, AÑO 2016



**Fuente:** Investigación de campo, 2016.

**GRÁFICA 13**

**CONSUMO DE AGUA ENTUBADA EN M3 POR PERSONA AL MES DENTRO DE CAMPAMENTO SAN ENRIQUE, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA, AÑO 2016**



**Fuente:** Investigación de campo, 2016.

#### 4.4 Áreas intervenidas y reforestadas

Con este indicador, se lograron obtener datos sobre las áreas ocupadas por los distintos usos, como lo es infraestructura, caminos, reforestadas y sin intervención, y en base a los datos generar un indicador gráfico o mapa que son de bastante utilidad para comunicar la información.

La información se obtuvo con mapeos de las distintas áreas, suma de las mismas y generación de polígonos en base a las medidas obtenidas en un programa digital gratuito para graficar mapas.

**CUADRO 9**

**ÁREAS TOTALES,  
HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA**

<b>ÁREAS SANTA TERESA</b>	
<b>Ubicación</b>	<b>Área</b>
Infraestructura	14.83
Reforestaciones	29.25
Camino	1.14
Sin intervención	153.3
<b>TOTAL</b>	<b>198.52</b>

**Fuente:** Investigación de campo, 2016.

Así como también se lograron obtener áreas de reforestaciones según los años en que se realizaron, y una contabilización de la cantidad de árboles por área.

**CUADRO 10**

**ÁREAS REFORESTADAS POR AÑO,  
HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA**

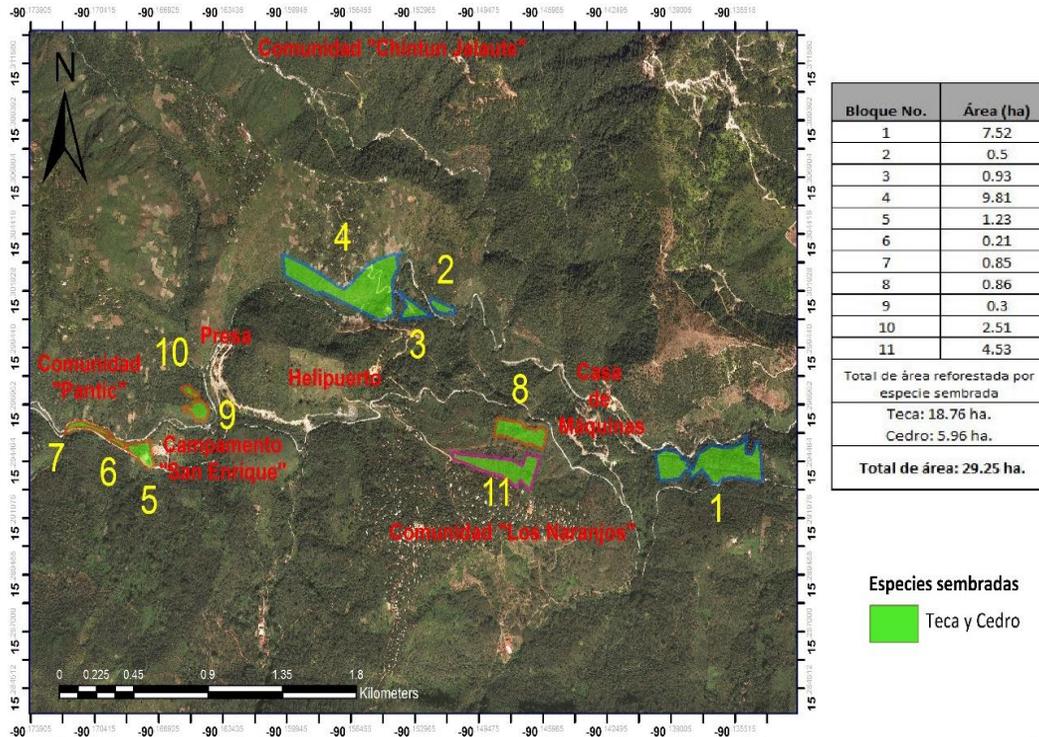
<b>COBERTURA REFORESTACIONES</b>				
<b>AÑO</b>	<b>ESPECIE</b>	<b>Cantidad (plantas)</b>	<b>AREA (m2)</b>	<b>AREA (ha)</b>
1992	Teca	8,355	75,200	7.52
2008	Teca	12,487	112,400	11.24
2013	Cedro	2,544	22,900	2.29
2014	Cedro	1,469	36,700	3.67
2015	Teca y Cedro	1,812	45,300	4.53
	<b>TOTAL</b>	<b>26,667.00</b>	<b>292,500.00</b>	<b>29.25</b>

**Fuente:** Investigación de campo, 2016.

Con esta información se logró generar un indicador gráfico, o también se puede llamar mapa de reforestaciones totales por año en planta hidroeléctrica Santa Teresa.

## MAPA 2

### ÁREAS REFORESTADAS PLANTA HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA



**Fuente:** Investigación de campo, 2016.

#### 4.4.1 Análisis y discusión de resultados

Este indicador demuestra con claridad la importancia de los proyectos de reforestación, ya que el área intervenida por la planta es de 14.83 hectáreas y las áreas reforestadas es de 29.25 hectáreas lo que significa casi el doble de lo que se ha intervenido.

Con lo anterior significa que se han reforestado según las medidas para campos de futbol en partido internacionales dados por la FIFA un total de 39 canchas de futbol. O lo equivalente a 234 piscinas olímpicas.

Y en base a este tipo de datos obtenidos, con la cantidad de árboles sembrados, se pueden realizar otro tipo de estudios, como lo son mediciones de huella de carbono, o certificaciones para captación de carbono. Además de estipular alguna inscripción ante el ente gubernamental que realiza los incentivos forestales.

También un punto importante es el dato de áreas sin intervención, el cual es de: 253.3, lo que significa que la planta hidroeléctrica Santa Teresa no ha intervenido el 77.2% del área total de la finca, y pueden verse como áreas de oportunidad, ya que en estas áreas se pueden crear programas de protección o de recuperación ambiental para el mejoramiento de la biodiversidad de flora y fauna.

#### **4.5 Consumo de papel**

En las distintas áreas de la planta, para poder realizar procedimientos administrativos es indispensable el uso de papel para llevar a cabo una buena gestión de las actividades, con lo cual se tienen compras periódicas para disponer de este recurso sin ningún inconveniente en las áreas.

Además se cuenta con 2 impresoras multifuncionales, las cuales están conectadas vía inalámbrica a los equipos de computación utilizados en la planta, y se realizan impresiones en blanco y negro y a colores, además de fotocopias.

Se tuvo la ventaja que las impresoras cuentan con un sistema de conteo, en el cual se registra toda actividad llevada a cabo en ellas, con un total de hojas que se tomó por mes, para poder realizar dicho indicador.

**CUADRO 11**

**IMPRESIONES POR TIPO, CAMPAMENTO  
SAN ENRIQUE, HIDROELÉCTRICA  
SANTA TERESA, AÑO 2015**

<b>INDICADORES AMBIENTALES</b>			
<b>Impresiones "Campamento San Enrique", Santa Teresa</b>			
<b>Año 2015</b>			
<b>Mes</b>	<b>Cantidad (B/N)</b>	<b>Cantidad (color)</b>	<b>Total</b>
Enero	1,415	616	2,031
Febrero	3,524	1,241	4,765
Marzo	1,850	1,537	3,387
Abril	2,070	1,191	3,261
Mayo	3,049	913	3,962
Junio	1,423	1,234	2,657
Julio	1,994	854	2,848
Agosto	1,373	783	2,156
Septiembre	1,284	619	1,903
Octubre	2,352	1,004	3,356
Noviembre	1,033	1,255	2,288
Diciembre	1,166	1,320	2,486
<b>TOTAL</b>	<b>22,533</b>	<b>12,567</b>	<b>35,100</b>

Fuente: Investigación de campo, 2016.

**CUADRO 12**

**IMPRESIONES POR TIPO, CAMPAMENTO  
SAN ENRIQUE, HIDROELÉCTRICA  
SANTA TERESA, AÑO 2016**

<b>INDICADORES AMBIENTALES</b>			
<b>Impresiones "Campamento San Enrique", Santa Teresa</b>			
<b>Año 2016</b>			
<b>Mes</b>	<b>Cantidad (B/N)</b>	<b>Cantidad (color)</b>	<b>Total</b>
Enero	1,522	430	1,952
Febrero	920	484	1,404
Marzo	1,902	1,862	3,764
Abril	1,432	653	2,085
Mayo	837	1,186	2,023
Junio	1,245	1,330	2,575
<b>TOTAL</b>	<b>7,858</b>	<b>5,945</b>	<b>13,803</b>

Fuente: Investigación de campo, 2016.

Así mismo se tomaron lecturas en Casa de máquinas, únicamente de impresiones en blanco y negro, ya que la impresora no tiene la función de imprimir a colores. Obteniendo los siguientes datos:

### CUADRO 13

#### IMPRESIONES EN BLANCO Y NEGRO, CASA DE MÁQUINAS, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA, AÑO 2015

INDICADORES AMBIENTALES	
Impresiones "Casa de máquinas", Santa Teresa	
Año 2015	
Mes	Cantidad (B/N)
Enero	819
Febrero	1,210
Marzo	1,383
Abril	1,311
Mayo	1,135
Junio	1,111
Julio	1,003
Agosto	994
Septiembre	1,062
Octubre	1,013
Noviembre	1,302
Diciembre	562
<b>TOTAL</b>	<b>12,905</b>

Fuente: Investigación de campo, 2016.

### CUADRO 14

#### IMPRESIONES EN BLANCO Y NEGRO, CASA DE MÁQUINAS, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA, AÑO 2016

INDICADORES AMBIENTALES	
Impresiones "Casa de máquinas", Santa Teresa	
Año 2016	
Mes	Cantidad (B/N)
Enero	481
Febrero	630
Marzo	1,120
Abril	1,434
Mayo	941
Junio	652
<b>TOTAL</b>	<b>5,258</b>

Fuente: Investigación de campo, 2016.

Finalmente la cantidad de hojas compradas para el año 2015 y primer semestre del año 2016:

### CUADRO 15

#### COMPRA DE HOJAS POR RESMA Y CANTIDAD INDIVIDUAL, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA, AÑO 2015

INDICADORES AMBIENTALES		
Compra de hojas Hidroeléctrica Santa Teresa		
Año 2015		
Mes	Cantidad (Resma)	Cantidad (hojas)
Enero	14	7,000
Febrero	10	5,000
Marzo	10	5,000
Abril	12	6,000
Mayo	5	2,500
Junio	8	4,000
Julio	7	3,500
Agosto	10	5,000
Septiembre	12	6,000
Octubre	0	0
Noviembre	10	5,000
Diciembre	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>98</b>	<b>49,000</b>

Fuente: Investigación de campo, 2016.

### CUADRO 16

#### COMPRA DE HOJAS POR RESMA Y CANTIDAD INDIVIDUAL, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA, AÑO 2016

INDICADORES AMBIENTALES		
Compra de hojas Hidroeléctrica Santa Teresa		
Año 2016		
Mes	Cantidad (Resma)	Cantidad (hojas)
Enero	10	5,000
Febrero	21	10,500
Marzo	10	5,000
Abril	5	2,500
Mayo	8	4,000
Junio	7	3,500
<b>TOTAL</b>	<b>61</b>	<b>30,500</b>

Fuente: Investigación de campo, 2016.

#### **4.5.1 Análisis y discusión de resultados**

La compra de papel en las áreas de utilización es directamente proporcional al uso de impresiones, fotocopias y demás servicios en los cuales existe una gran demanda de dicho recurso; al mismo tiempo que con el paso de los meses, y el proceso de certificación por el cual está pasando la planta hidroeléctrica Santa Teresa, se ve en la necesidad de dejar plasmada sus actividades en material físico.

Según la tendencia del primer semestre del año 2016, se podría concluir que el uso de papel en las áreas es muy parecido al consumido en el año 2015, y podría superar dicho dato al finalizar el año 2016, ya que existe una mayor demanda de este recurso y se ve reflejado en las compras y la cantidad de impresiones que se realizan mes a mes.

Es también importante mencionar que existen otras fuentes de producción de papel, y estos datos se pueden tomar al final del ciclo, con pesaje de residuos, y poder comparar la cantidad de residuos con la cantidad de hojas utilizadas para obtener otro tipo de indicador.

#### **4.6 Residuos sólidos y líquidos**

La producción de residuos sólidos y líquidos es algo inminente, ya que toda actividad humana genera residuos de cualquier tipo, ya sean sólidos, líquidos y gaseosos. En especial en una empresa de tipo industrial, en la cual se realizan diversas actividades para operación y mantenimiento, con lo cual es claro que se producen estas 3 categorías de residuos.

El caso de Santa Teresa se midieron dos tipos: líquidos y sólidos; con lo cual se pesaron los residuos durante el primer semestre del año 2016 y se clasificaron en 6 corrientes distintas: ordinarios, orgánicos, papel y cartón, metal y aluminio, plásticos y peligrosos.

Los pesos fueron dados en libras, con la utilización de una balanza industrial con capacidad de 1,200 libras, y los residuos líquidos eran almacenados en depósitos adecuados para poder ser pesados.

### CUADRO 17

#### PESOS POR MES DE RESIDUOS, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA

MES	PESO (lb)
Enero	489
Febrero	294
Marzo	2,275.55
Abril	8,965.5
Mayo	2,326
Junio	8,397.6
<b>TOTAL</b>	<b>22,747.65</b>

Fuente: Investigación de campo, 2016.

### CUADRO 18

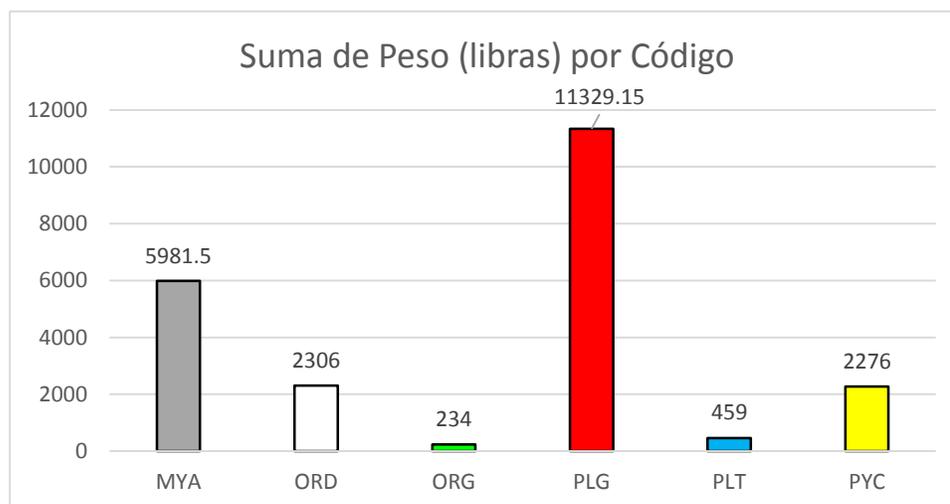
#### PESOS POR CODIGO Y POR MES DE RESIDUOS, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA

MES	ORDINARIO	ORGÁNICO	PLÁSTICO	PAPEL Y CARTÓN	METAL Y ALUMINIO	PELIGROSOS
ENERO	0	40	158	99	142	50
FEBRERO	259	35	0	0	0	0
MARZO	459.50	22	80	337	904.5	472.55
ABRIL	791.0	65	0	431.5	3973.5	3704.5
MAYO	249	128	116	1253	187	393
JUNIO	547.5	106	105	155.5	774.5	6709.1
Total	2,306.00	396	459	2,276	5,981.50	11,329.15
					<b>TOTAL</b>	<b>22,747.65</b>

Fuente: Investigación de campo, 2016.

## GRÁFICA 14

### PESOS POR CODIGO, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA, AÑO 2016



**Fuente:** Investigación de campo, 2016.

#### 4.6.1 Análisis y discusión de resultados

La producción de residuos en planta hidroeléctrica ha venido en crecimiento, ya que la planta tenía distintas ubicaciones en las cuales los colaboradores y jefes de área almacenaban productos y materiales que creían podían utilizar en algún momento. Pero desde que se empezó a utilizar en centro de acopio de residuos, han está trasladando los residuos periódicamente a dicha área, con lo cual mes a mes los pesajes se han incrementado en los registros.

Otro punto a analizar es el mes de abril, ya que en este mes se registra un número considerable de residuos, pero dicho pesaje responde a los trabajos que se llevaron a cabo en la planta, durante el mantenimiento mayor a las unidades y demás áreas involucradas para la producción de energía eléctrica.

En el mes de abril se presentaron distintos colaboradores para poder trabajar en las distintas áreas, con horarios fuera de lo normal y laborando fines de semana de igual forma. Con lo cual la cantidad de residuos se incrementó ya que los trabajos así lo ameritaban.

Finalmente los residuos peligrosos son los que predominan en la clasificación, ya que en esta clasificación se denominaron peligrosos todos aquellos residuos que sean inflamables, tóxicos, explosivos, corrosivos etc. Y si un residuo le hace daño a una persona, de igual forma le puede causar daños al medio ambiente.

Es por ello que los residuos peligrosos están en mayor magnitud, ya que las actividades de operación y mantenimiento se realizan trabajos de pintura, limpieza de piezas mecánicas, utilización de algunos solventes, aceites lubricantes, y si existiera algún tipo de derrame al suelo, este se levanta con material absorbente el cual posteriormente se convierte en peligroso y se almacena en los recipientes adecuados.

Los residuos orgánicos son los que se biodegradan fácilmente y en la planta se producen en su mayoría en el comedor, por obvias razones para la producción de alimentos; pero que finalmente estos residuos son convertidos en abono orgánico por medio de lombricomposteras, y este producto es utilizado en los viveros.

Y finalmente los plásticos, en un 95% son provenientes de las limpiezas que se realizan al río, con lo cual es material que es depositado por las personas agua arriba.

Cabe destacar que la planta hidroeléctrica Santa Teresa le ha dado disposición final a todos los residuos producidos y almacenados en la planta, con empresas que cuenten con certificaciones ambientales emitidas por la institución gubernamental correspondiente.

#### **4.7 Combustibles fósiles**

El consumo de combustibles fósiles es de suma importancia para poder operar una planta hidroeléctrica, el porqué de este recurso repercute directamente en la utilización de la flotilla de vehículos disponibles para los jefes de áreas o para pilotos en el acarreo de material y equipo a los distintos frentes de trabajo, en los cuales se realizan distintas actividades para operación y mantenimiento.

Se tuvo la ventaja de que en planta hidroeléctrica Santa Teresa, específicamente en Campamento San Enrique se cuenta con una gasolinera la cual despacha gasolina y diésel (según sea el vehículo o equipo) al personal, y se lleva un control de galones distribuidos por vehículo y demás datos administrativos.

Al final de dicha investigación de campo, únicamente se manejaron los datos históricos del año 2015, ya que en la planta a inicios del presente año, se presentó una modificación por parte de personal fijo, con lo cual el control de combustibles se ve afectado, ya que las personas están en constante movimiento hacia otras plantas, y el llenado de combustible se realiza de forma aleatoria con proveedores.

Con lo cual se creyó conveniente para fines de la investigación tomar en cuenta únicamente los vehículos que contaban con kilometrajes y control de galones usados exactos.

## CUADRO 19

### RENDIMIENTO DE VEHICULOS, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA

<b>INDICADORES AMBIENTALES</b>			
Consumo de combustibles, Hidroeléctrica Santa Teresa			
Año 2015			
Vehiculo	Cantidad (Galones)	Kilometraje	Rendimiento (km/galón)
Pickup Mazda BT50 P-576FFD c/blanco	912.028	23,670	25.95
Pickup Mazda BT50 P-774FFH c/corinto	1057.277	29,139	27.56
Pickup Mazda BT50 P-787DHF	558.657	16,049	28.73
Pickup Mitsubishi P-668CPV	187.5	4,982	26.57
Pickup Mitsubishi P795DNR	557.3	18,825	33.78
Pickup Nissan Frontier P-588DMP	397.416	13,379	33.66
Pickup Toyota Hilux P-352FVK	1017.973	26,286	25.82
Pickup Toyota Hilux P-358FVK	634.82	27,046	42.60
<b>TOTAL</b>	<b>5322.971</b>	<b>159,376</b>	29.94

**Fuente:** Investigación de campo, 2016.

#### 4.7.1 Análisis y discusión de resultados

Con este tipo de datos, podemos verificar por medio de marcas o modelos de vehículos que algunos son más económicos en cuanto a consumo y que a largo plazo esto es de gran beneficio económico para la planta y para el medio ambiente al reducir emisiones de dióxido de carbono. Como bien se sabe, cuidar y proteger el medio ambiente, siempre será de beneficio económico para el ente que realice las diligencias adecuadas.

Ejemplo claro es el vehículo Placas: P-352FVK con rendimiento de 42.60 kilómetros por galón, a diferencia del vehículo placas: 576FFD con rendimiento del 25.95 kilómetros por galón.

El control de consumo por parte de la planta hidroeléctrica Santa Teresa ha sido algo que se ha llevado con bastante normalidad en los últimos años, con fines de contabilidad y demás, pero que no se le había dado la importancia medioambiental que se debe a la utilización de este tipo de recursos, como lo son los combustibles fósiles.

Ya que al tener la cantidad total de consumo de combustibles por vehículo, se pueden realizar campañas de concientización a los colaboradores sobre compartir vehículos para trasladarse u otro tipo de acciones que minimicen su utilización.

También en base a este tipo de datos, se pueden obtener otro tipo de conversiones que nos ayuden a entender la dinámica de la planta y los impactos tanto positivos como negativos al medio ambiente. Podría realizarse una medición de la huella de carbono y conocer de mejor manera como gestionar este tipo de impactos.



## PROPUESTAS

1. Actualizar los datos producidos en el año 2015 y primer semestre del año 2016, para que se marque una tendencia en cuanto a desempeño ambiental, y con estos datos plantearse objetivos que ayuden a la mejora continua en la gestión ambiental de la planta hidroeléctrica Santa Teresa.
2. Presupuestar para años posteriores a dicho estudio, la compra de equipos de medición que ayuden a la generación de información confiable en aspectos específicos para que la línea base se convierta en todo un sistema de indicadores ambientales.
3. Formular estrategias interinstitucionales para la formación de técnicos capacitados en temas de indicadores ambientales, para que la información que se genere no sea solo en empresas privadas, y que las instituciones gubernamentales empiecen en la generación de datos municipales.
4. Socializar y comunicar la información obtenida con otras áreas o plantas miembros de la división de energía, para crear conciencia ambiental en los colaboradores y que la actualización de datos sea de rutina por parte de los jefes de área.



## **CONCLUSIONES**

### **CONCLUSIÓN GENERAL**

De acuerdo con la metodología aplicada, la cual se basó en la formulación de línea base para indicadores ambientales de desempeño en las actividades de operación y mantenimiento en la planta hidroeléctrica Santa Teresa se logró obtener un primera acercamiento sobre indicadores ambientales en las distintas áreas relevantes dentro de la planta, como lo son: Campamento San Enrique, Presa y Casa de Máquinas. Tomando en cuenta algunos aspectos en común dentro de dichas áreas como lo es la energía eléctrica que se consume para poder operar con normalidad.

Además algunos factores en común, como lo son los vehículos utilizados para transporte de personal, material y equipo, o el consumo de papel que es utilizado en las áreas para procedimientos administrativos que lleven a cabo el recurso humano en los distintos procesos dentro de la planta, y que al final del estudio nos generaron datos manejables para la interpretación final.

Los indicadores ambientales reflejaron que las actividades llevadas a cabo en operación y mantenimiento dentro de la planta hidroeléctrica santa teresa son de poco impacto ambiental, ya que en su mayoría se utilizan las instalaciones para uso domiciliar y administrativo, con poca generación de residuos o consumo de recursos; Además de contar con procesos que definen la gestión ambiental como eje primordial en toda actividad.

## CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

- a) El 1 de Octubre del presente año 2016, planta hidroeléctrica Santa Teresa cumple 5 años de estar en operación, en los cuales no se ha tenido ningún tipo de multa por algún problema ambiental, o alguna auditoría por parte de algún organismo gubernamental que se realice por presiones de los distintos sectores del área.

Lo anterior refleja claramente que la gestión ambiental dentro de la planta ha estado en constante crecimiento para mejorar la de la misma, y del sistema de gestión ambiental establecido, a todo esto los indicadores generados para el presente estudio técnico, servirán en un futuro, para poder ayudar a comprender los distintos aspectos evaluados.

Si se diera el caso de una auditoría ambiental en la planta al instrumento de evaluación se pueden utilizar los datos generados como medio de soporte y de esta manera comprobar con datos reales y producidos técnicamente el cumplimiento de los compromisos adquiridos para poder finalizarla con 0 hallazgos.

- b) En cuanto al tema de reforestaciones, es notoria la importancia de los compromisos de reforestación adquiridos por las empresas, ya que de esta forma se logran obtener recuperación de áreas y enriquecimiento de la biodiversidad.

Un buen plan de reforestación como el que se tiene en planta hidroeléctrica Santa Teresa, planifica reproducción de semillas endémicas de la región, mantenimiento, aplicación de fertilizantes y enmiendas, para finalmente ser trasladadas a campo definitivo. Y aún más importante el mantenimiento de las mismas,

realizar limpiezas, chapeos y plateos para garantizar el buen desarrollo de las mismas. Para finalmente poder ser adaptado al entorno natural de las áreas, con enriquecimiento de las mismas con plantas frutales, forestales, agrícolas entre otras.

- c) Los datos obtenidos finalmente en la gestión ambiental de la información producida por las distintas áreas, puede ser manejada con distintos índices de conversión y de esta forma tener datos más específicos. Tal es el caso del consumo de energía eléctrica y combustibles fósiles, ya que estos pueden ser convertidos a cantidad de dióxido de carbono emitido al ambiente por la utilización de estos, y realizar mediciones sobre huellas de carbono.
  
- d) El diseño de la línea base es finalmente el primer acercamiento a los indicadores ambientales en una planta hidroeléctrica, y que pueden y deben ser producidos por toda industria que se dedique a producción de servicios, para que los usuarios y actores involucrados comprendan de mejor manera la importancia del cuidado y protección del medio ambiente, pero todo esto en base a mediciones.



## RECOMENDACIONES

Continuar actualizando los datos generados en los distintos sistemas analizados para el segundo semestre del año 2016 con la misma metodología empleada, para poder continuar anualmente y con esto obtener estadísticas, gráficas, cuadros y demás fuentes de información que ayuden a la mejora en la gestión del medio ambiente y la toma de decisiones.

Con base al diseño presentado, se recomienda implementar y enriquecer con más información específica para cada punto de interés ambiental dentro de la planta hidroeléctrica Santa Teresa, así establecer planes de protección y mejoramiento ambiental, en las cuales las comunidades de la región se vean involucradas para establecer como meta un desarrollo sostenible.

Plantear un proyecto para medición de consumos de energía eléctrica de los equipos utilizados para poder obtener datos más específicos de los mismos; así como también para consumo de agua entubada, colocar contadores en las 2 áreas faltantes, como lo son presa y casa de máquinas.

Por último, realizar charlas de concientización ambiental sobre el uso eficiente de los recursos, y poder continuar con las mediciones para poder obtener datos que nos ayuden a comprender si las charlas están siendo efectivas o es necesario otro tipo de acciones integrales.



## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Royuela, Miguel Alvaro. Et.A. *Los sistemas de indicadores ambientales y su papel en la información e integración del medio ambiente*, 2008.  
[http://www.ciccp.es/webantigua/icitema/Comunicaciones/Tomo\\_II/T2p1231.pdf](http://www.ciccp.es/webantigua/icitema/Comunicaciones/Tomo_II/T2p1231.pdf) (01 de abril de 2016).
- Castro Bonaño, Juan Marcos. *Indicadores de desarrollo sostenible urbano: una aplicación para Andalucía*. Tesis Doctoral en Economía. Universidad de Málaga. Bilbao, España: Facultad de ciencias económicas y empresariales, 2002.
- El plan de medioambiente de andalucía horizonte 2017*, 2012. [http://www.junta.deandalucia.es/medioambiente/portal\\_web/web/temas\\_ambientales/evaluacion\\_integracion\\_planificacion/planificacion\\_ambiental/politicas\\_transversales/Plan\\_Andaluz\\_Medio\\_Ambiente/pma\\_horizonte2017/PAMA2017\\_13\\_febrero\\_portada.pdf](http://www.junta.deandalucia.es/medioambiente/portal_web/web/temas_ambientales/evaluacion_integracion_planificacion/planificacion_ambiental/politicas_transversales/Plan_Andaluz_Medio_Ambiente/pma_horizonte2017/PAMA2017_13_febrero_portada.pdf) (12 de junio de 2016).
- Evaluación del desempeño ambiental: directrices*. 2003. <http://www.emprendeylidera.weebly.com/uploads/8/1/6/9/8169671/ntc-iso14031-sc.pdf> (24 de agosto de 2016).
- Gordillo Castillo, Enrique. *Guía general de estilo para la presentación de trabajos académicos*. Guatemala: Centro de estudios Urbanos y Regionales- Universidad de San Carlos de Guatemala, 2002.
- Instituto Nacional de Estadística, -INE-. *Informe estadístico, Guatemala Región II, Alta y Baja Verapaz*. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: INE., 2008.
- Larrañaga Galdós, María Esther. *Guía de indicadores medioambientales para la empresa*. Munich, Alemania: Deutschland, 1998.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA-. *Mapa fisográfico-geomorfológico de la república de Guatemala, a escala 1:250 000*. Guatemala: Unidad de Políticas e Información Estratégica; Programa de Emergencia por Desastres Naturales, 2001.



Quiroga Martínez, Rayen. *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible*. Santiago de Chile, Chile: Organización de las Naciones Unidas, 2007.

Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia -SEGEPLAN-, *Base de indicadores municipales relacionados con ODM*. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Sistema Nacional de Información Territorial, 2008.

*Sistema de información ambiental. Manual de indicadores del ambiente y recursos naturales*, 2003. [http://uvg.edu.gt/investigacion/ceab/cea/doc/metodologias/MANUA\\_INDICADORES\\_MARN.pdf](http://uvg.edu.gt/investigacion/ceab/cea/doc/metodologias/MANUA_INDICADORES_MARN.pdf) (10 de Mayo de 2016).

Soto, Humberto y Andrés Schuschny. *Guía metodológica, diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible*. Santiago de Chile, Chile: Organización de las Naciones Unidas, 2009.

Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro Universitario del Norte – CUNOR-. *Normativo general de graduación para las carreras a nivel de grado del Centro Universitario del Norte –CUNOR-*. Aprobado por el Consejo Directivo del CUNOR en el punto cuarto, inciso 4.18 del acta 24/2005, vigente a partir del 24 de noviembre de 2005. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: 2 005 [Transcripción mecanográfica en Archivo del Consejo Directivo del CUNOR].



V.ºB.º  
*[Handwritten signature]*

---

Adan García Véliz  
Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa  
BIBLIOTECARIO

## **ANEXOS**



# ANEXO I DESCRIPCION DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

## ILUSTRACIÓN 3

### FACTURA CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, CAMPAMENTO SAN ENRIQUE, JULIO DE 2015, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA



**DISTRIBUIDORA DE ELECTRICIDAD DE ORIENTE, S.A. (DEORSA)**  
DIAGONAL 8 10-50 ZONA 10 INTERAMERICAS WORLD CENTER TORRE SUR NIVEL 14 OF 1401  
NIT: 1494620-3

REIMPRESIÓN

**Factura No.:** RGH000000021113

AGRO COMERCIALIZADORA DEL POLOCHIC S.A. RUTA 1 IT. 894  
TUCURU, ZONA 0, KM 201 SAN ENRIQUE, 8000 PB, AGRO COMERCIALIZADORA  
KM.201. SAN ENRIQUE, AGROCOMERCIALIZADORA DEL POLOCHIC S.A. MED.

N.I.S.

<b>5691222</b>	<b>N. I. R.</b>	<b>Mes de la Factura</b>	<b>Fecha de Emisión</b>	<b>Fecha Vencimiento</b>
COBAN	0.5691222.01.24/07/2015	JULIO	24/07/2015	10/08/2015

<b>Dirección del Suministro</b>	<b>Titular del Contrato</b>	<b>N.I.T.</b>
TUCURU, ZONA 0, KM 201 SAN ENRIQUE PB AGRO COMERCIALIZADOR	AGRO COMERCIALIZADORA DEL POLOCHIC S.A.	952931-4,

Tipo de Consumo	No. de Medidor	Lectura Anterior	Lectura Actual	Multiplic.	Consumo
Activa kWh	0131904396	74035	79639	1	3.954

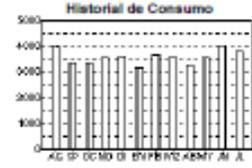
Conceptos de facturación		Importe en Q.
Cargo Fijo Mensual con IVA		17,35
Consumo Energía con IVA		6.815,19
Servicio Alumbrado Público Sin IVA		36,32
Ajuste por Redondeo (-) sin IVA		-0,87
Redondeo Mes Anterior sin IVA		0,01
<b>TOTAL FACTURA Q.</b>		<b>6.871,00</b>

<b>Periodo de Lectura</b>	<b>Tarifa</b>	<b>No. de Contrato</b>	<b>Código Actividad Económica</b>
Desde 24/07/2015 HASTA 24/07/2015	RTS	18010027642	NO DEFINIDA

**Información Complementaria**

Cargo Fijo Mensual	Ciudad	Importe sin IVA
3.954	EL AMBOS	17,35
Consumo Energía	Ciudad	Importe sin IVA
3.954	EL AMBOS	6.282,88

**Historial de Consumo**



Detalle de la Morosidad			Saldo de Convenio de Pago
90 días o más	60 días	30 días	
0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total Deuda</b>			<b>6.871,00</b>

**SU CONSUMO MEDIO DURANTE LOS ÚLTIMOS 12 MESES HA SIDO DE Q./DÍA 244,38**

Recomendamos mantener la cuenta al día y evitar pagar intereses sobre morosidad adeudada.  
El pago de esta factura no constituye el pago de facturas anteriores que aun se adeuden.  
Se emite copia con 2 facturas pendientes de pago, según Art. 80 Ley Org. Elec.  
No retener impuestos de productos financieros sobre los intereses por mora la empresa se excepta al 2º artículo del Art.11 del Dec.891 y pagar el impuesto según Dec.29 98.  
Número Número Telefónico: 2388-2222  
\*¿Quién es nuestro suministrador?  
AUTORIZACIÓN SEGUN RES. No. 8751-1-01-134 DEL 27/04/2011 DE LA COM. REGULADORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

¡NUESTRO TELÉFONO DE ATENCIÓN AL CLIENTE!

## 2388-2222

¡ESTIMADO CLIENTE!  
Gracias por mantener su pago al día

---

**Reservado para la Oficina de Cobro**

**Titular del Contrato**  
AGRO COMERCIALIZADORA DEL POLOCHIC S.A.

**Dirección del Suministro**  
TUCURU, ZONA 0, KM 201 SAN ENRIQUE PB AGRO COMERCIALIZADOR

**Mes de la Factura** JULIO      **Fecha de Emisión** 24/07/2015      **Fecha Vencimiento** 10/08/2015

**Factura No.:** RGH000000021113

**N. I. R.**  
0.5691222.01.24/07/2015

**Total Factura(Q.)**  
6.871,00

**Total Deuda(Q.)**  
6.871,00



AUTORIZACIÓN SEGUN RES. No. 2013-1-03 1344 DEL 27/08/2013  
REGISTRO DEL No. RGH0000000001 AL No. RGH0000000002

Fuente: Investigación de campo, 2016.

## ILUSTRACIÓN 4

# FACTURA CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, PRESA, DICIEMBRE DE 2015, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA



**ENERGUATE**  
DISTRIBUIDORA DE ELECTRICIDAD DE BOLENTE, S.A. (DEBOSA)  
0145 6 10-50 ZONA 10 INTERAMERICAS WORLD CENTER TORRE SUR NIVEL 14 OF. 1401  
GUATEMALA, GUATEMALA

Factura No.:  
RCL-0000000007903

**NIS: 5904075**

Original Cliente

Atención al Cliente 2305-2222 [www.meguate.com](http://www.meguate.com)  
Atención al Cliente 2305-2222 [atencionalcliente@meguate.com](mailto:atencionalcliente@meguate.com)

Nivel de seguridad: 201-10124 Tel: 2305-2222 Fax: 2305-2222

**AGRO COMERCIALIZADORA DEL POLOCHIC S.A.**  
TUCURU, ZONA 0, KM 291 SAN ENRIQUE PB AGRICOM. MED: 011C00000  
ZONA 0  
MUNICIPIO: TUCURU 4.1.7.0201-4  
CALLE: KM 291 SAN ENRIQUE  
Oficina Comercial: OCC LA TINDA  
N.I.R. 0.0604075-01.11/12/2015

Med: 011C00000  
LOC: TUCURU  
PISBAMPS:  
Mes de Factura: DICIEMBRE  
Fecha Emisión: 11/12/2015  
Fecha Superada de Pago: 26/12/2015

Le hemos servido durante 30 días

Tipo de Consumo	No. Medidor	LECTURA ANT.	LECTURA ACT.	VALI	Consumo
Activa kWh	011C00000	2651	2736	48.0	3480
Reactiva kVARh	011C00000	2178	2166	48.0	2660
Demanda kW	011C00000		9.271	48.0	11.048

Días	Costo
30 días	0.00
60 días	0.00
90 o más días	0.00
<b>Saldo Consumo Pago</b>	<b>0.00</b>

Mes	Consumo
sep-15	3608
oct-15	2728
nov-15	3688

Periodo de Lectura  
Desde: 11/11/2015 Hasta: 11/12/2015

Tarifa  
BT con Demanda P OR

Concepto de Facturación	Consumo	QUIL. SI/NO	Importe en Q
Cargo Fijo Mensual con IVA	0	203.52085	787.82
Consumo Energía con IVA	3480	0.837055	3,496.35
Potencia Contratada con IVA	20.840	72.952930	1,635.84
Potencia Máxima con IVA	10.840	43.641321	529.84
Recargo pfFactor Potencia con IVA	0	0.000000	622.74
Ajuste por Redondeo (-) sin IVA	0	0.000000	-0.85
Redondeo Mes Anterior sin IVA	0	0.000000	0.17
<b>SUBTOTAL CONSUMO DE ELECTRICIDAD</b>			<b>7,072.82</b>

TOTAL FACTURA Q 7,110.00

**TOTAL DEUDA**

**7,110.00**

\*Su deuda debe ser pagada el día y en la forma indicada sobre esta factura.  
 El Precio de referencia de la factura es de 28 días después de su fecha de emisión.  
 \*Se aplicará un 2% de interés por mora de pago, según el Art. 10 del Código Civil.  
 \*Se aplicará un 10% de multa por mora de pago, según el Art. 10 del Código Civil.  
 \*Se aplicará un 10% de multa por mora de pago, según el Art. 10 del Código Civil.  
 \*Se aplicará un 10% de multa por mora de pago, según el Art. 10 del Código Civil.

05904075011112291600000007100423



0145 6 10-50 ZONA 10 INTERAMERICAS WORLD CENTER TORRE SUR NIVEL 14 OF. 1401  
 Remetido para la Oficina de Cobros. Referencia de la Factura No. RCL-000000007903  
 Titular del Contrato: **AGRO COMERCIALIZADORA DEL POLOCHIC S.A.** Mes de la Factura: **DICIEMBRE**  
 Dirección del Suministro: **TUCURU, ZONA 0, KM 291 SAN ENRIQUE PB AGRICOM.** Fecha de Emisión: **11/12/2015**  
 N.I.R. | M.I.R. | Total Factura Q | Total Deuda Q | Fecha Superada de Pago  
 0.0604075-01.11/12/2015 | 7,110.00 | 7,110.00 | 26/12/2015  
 Nivel de seguridad: 201-10124 Tel: 2305-2222 Fax: 2305-2222

Fuente: Investigación de campo, 2016.

## CUADRO 20

### EMISIONES DE DIOXIDO DE CARBONO MEDIANTE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, CAMPAMENTO SAN ENRIQUE 2015, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA

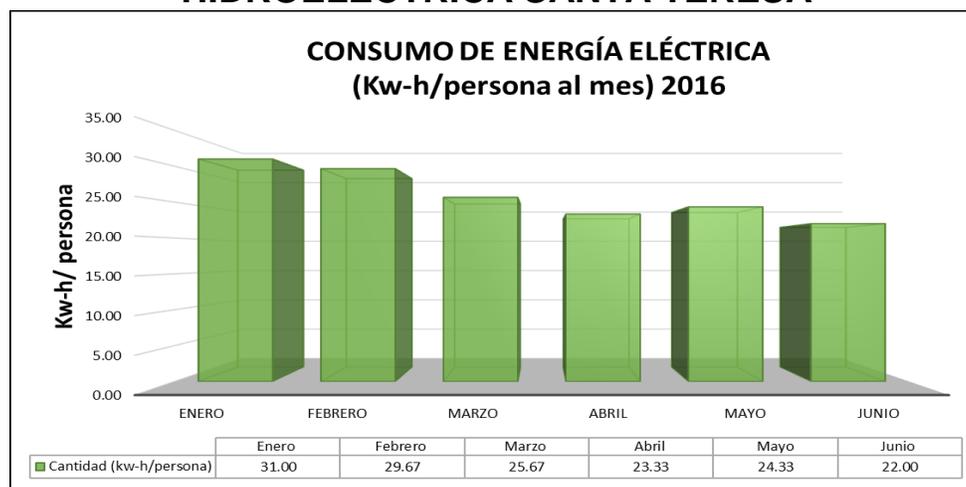
INDICADORES AMBIENTALES			
CO <sub>2</sub> eq por Consumo de Energía Eléctrica "Campamento San Enrique"			
Año 2015			
Mes	Cantidad (kw-h/persona)	Factor de emisión (kg de CO <sub>2</sub> eq/kWh)	Kg de CO <sub>2</sub> eq (Per capita)
Enero	3638	0.307	1116.87
Febrero	3677	0.307	1128.84
Marzo	3589	0.307	1101.82
Abril	3267	0.307	1002.97
Mayo	3546	0.307	1088.62
Junio	4006	0.307	1229.84
Julio	3804	0.307	1167.83
Agosto	3291	0.307	1010.34
Septiembre	3567	0.307	1095.07
Octubre	3279	0.307	1006.65
Noviembre	4050	0.307	1243.35
Diciembre	4135	0.307	1269.45
<b>TOTAL</b>	<b>43849</b>	<b>0.307</b>	<b>13461.64</b>

**Nota:** El promedio CO<sub>2</sub> eq emitido per capita mensual por colaboradores de trabajo permanente.  
**\*Fuente factor de conversión de CO<sub>2</sub>:** International Energy Agency; CO<sub>2</sub> Emissions From Fuel Combustion Highlights 2013.

Fuente: Investigación de campo, 2016.

## GRÁFICA 15

### CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, PRESA 2016, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA

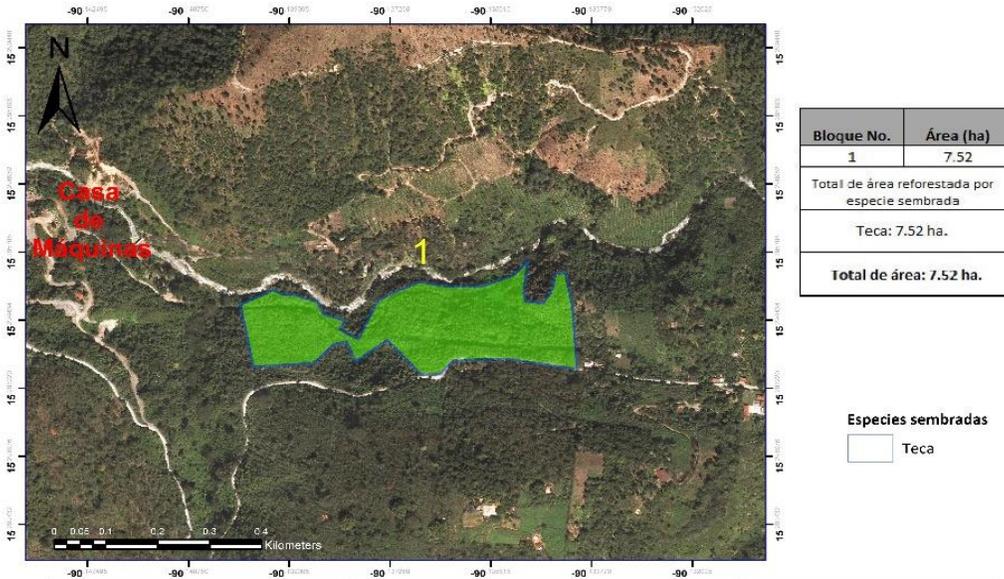


Fuente: Investigación de campo, 2016.

## ANEXO II MAPAS DE REFORESTACIONES

### MAPA 3

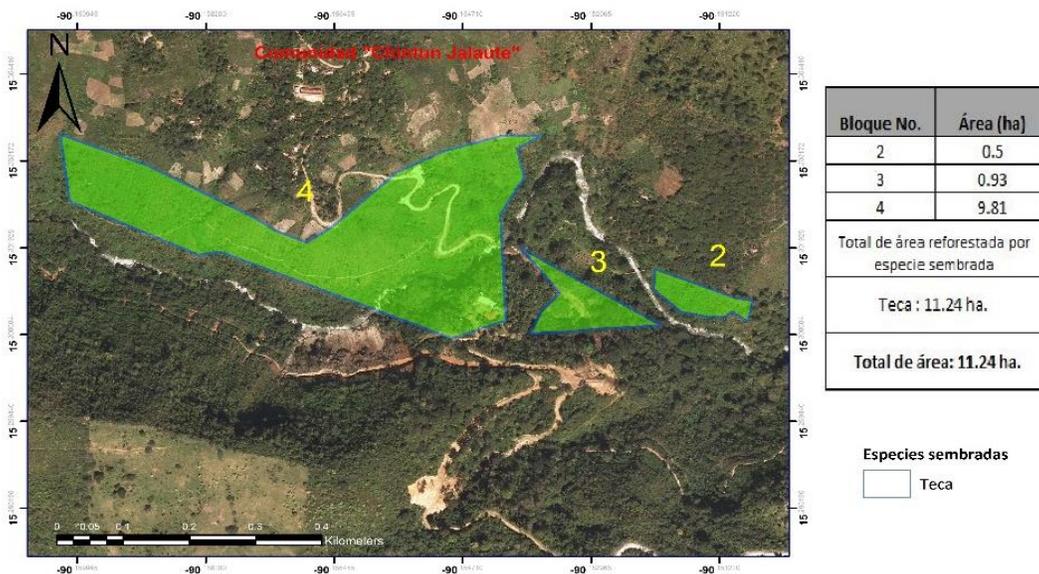
#### REFORESTACIÓN AÑO 1992, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA



Fuente: Investigación de campo, 2016.

### MAPA 4

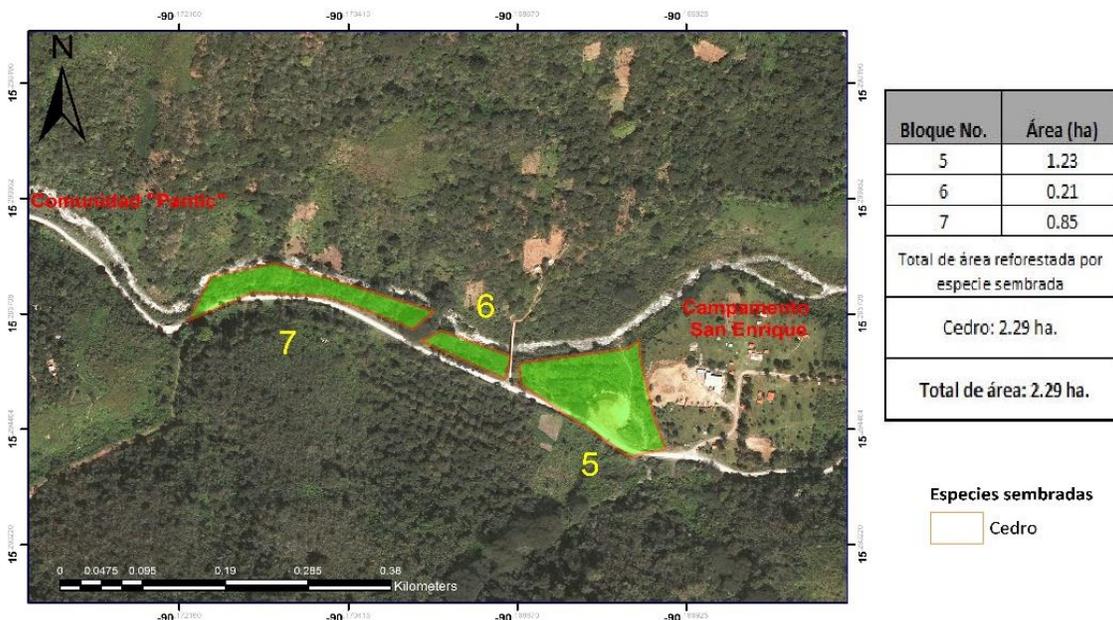
#### REFORESTACIÓN AÑO 2008, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA



Fuente: Investigación de campo, 2016.

## MAPA 5

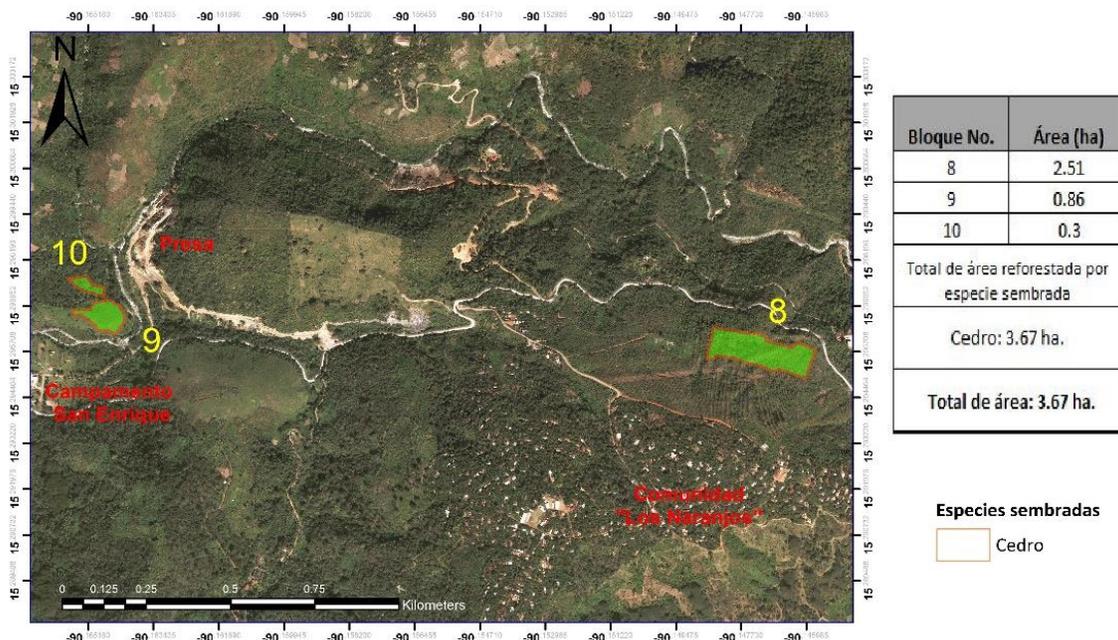
### REFORESTACIÓN AÑO 2013, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA



Fuente: Investigación de campo, 2016.

## MAPA 6

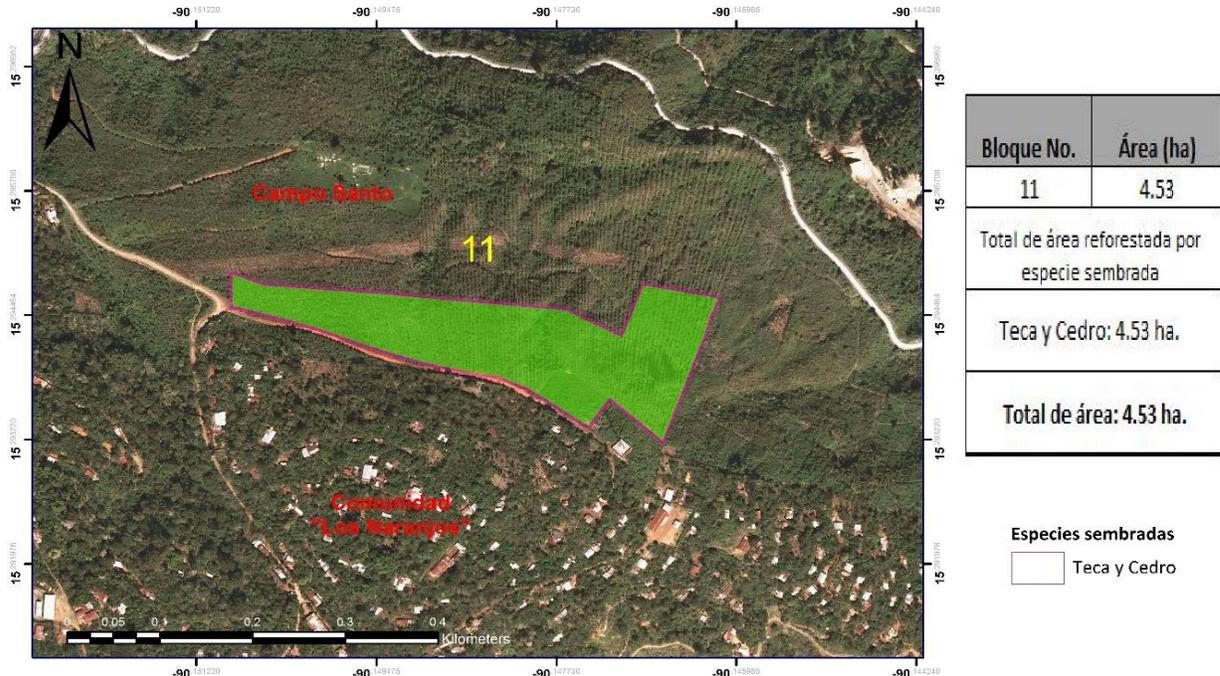
### REFORESTACIÓN AÑO 2014, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA



Fuente: Investigación de campo, 2016.

## MAPA 7

### REFORESTACIÓN AÑO 2015, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA



Fuente: Investigación de campo, 2016.

## CUADRO 21

### COBERTURA DE CAMINOS, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA

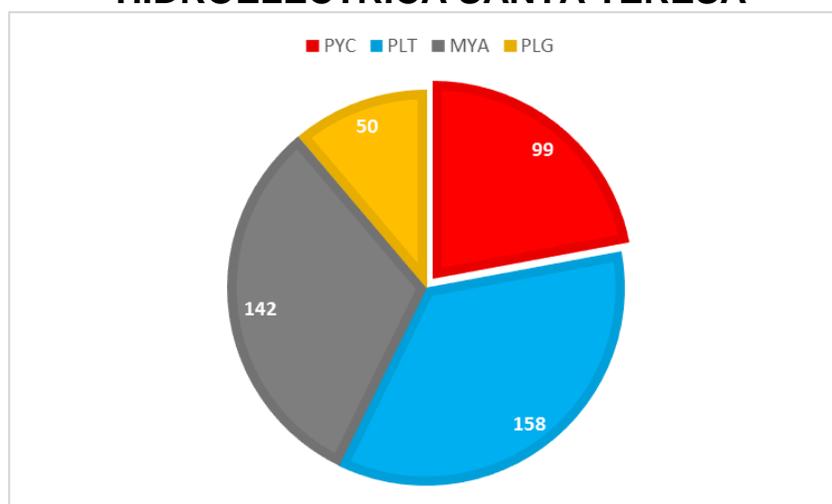
COBERTURA DE CAMINOS		
UBICACIÓN	AREA (m2)	AREA (ha)
Ruta 7E a Presa	3320.84	0.33
Ruta 7E a Garita W	2804.00	0.28
Ruta 7E a Garita 5	1064.24	0.11
C. Carga a Casa M.	4222.84	0.42
<b>TOTAL</b>	<b>11,411.92</b>	<b>1.14</b>

Fuente: Investigación de campo, 2016.

## ANEXO III ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA, CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS

### GRÁFICA 16

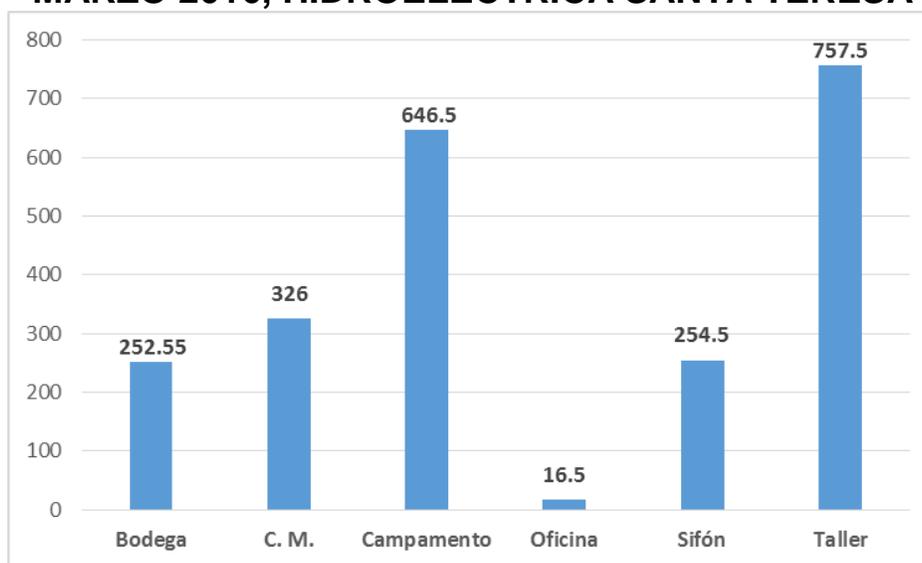
#### PRODUCCIÓN DE RESIDUOS POR TIPO, ENERO 2016, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA



Fuente: Investigación de campo, 2016.

### GRÁFICA 17

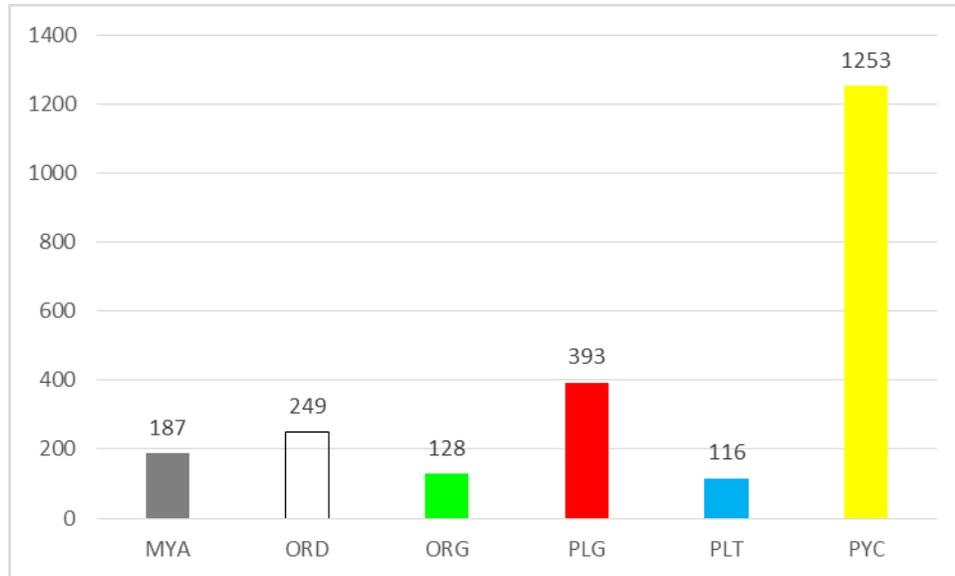
#### SUMA DE PESOS (LIBRAS) POR ÁREA DONDE FUE GENERADO, MARZO 2016, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA



Fuente: Investigación de campo, 2016.

### GRÁFICA 18

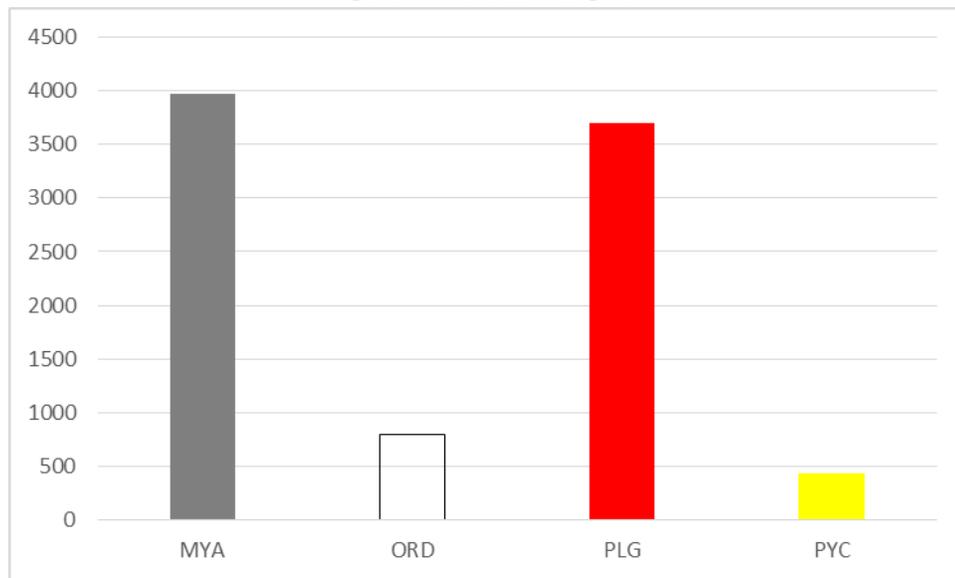
#### SUMA DE PESOS POR TIPO, MAYO 2016, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA



Fuente: Investigación de campo, 2016.

### GRÁFICA 19

#### SUMA DE PESOS POR TIPO, MARZO 2016, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA



Fuente: Investigación de campo, 2016.

## ANEXO IV ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA, CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS

### ILUSTRACIÓN 5

#### CONTADOR DE IMPRESIONES, ENERO 2016, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA




---

Page Counter

---

Serial No.: E214R100008  
Data of Today: Jan. 18,2016 06:37 AM

Copier:Color	1008
Copier:B & W	26869
Printer:Color	17700
Printer:B & W	9012
Color Total	18708
B & W Total	35881

**Fuente:** Investigación de campo, 2016.

### ILUSTRACIÓN 6

#### CONTADOR DE IMPRESIONES, JUNIO 2016, HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA




---

Page Counter

---

Serial No.: E214R100008  
Data of Today: Jun. 16,2016 10:44 AM

Copier:Color	1370
Copier:B & W	30685
Printer:Color	22853
Printer:B & W	11532
Color Total	24223
B & W Total	42217

**Fuente:** Investigación de campo, 2016.



No.199-2016



# CUNOR | CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Universidad de San Carlos de Guatemala

El director del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer los dictámenes de la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de:

## INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

Al trabajo titulado:

### DISEÑO DE LÍNEA BASE PARA INDICADORES AMBIENTALES EN PLANTA HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA, SAN MIGUEL TUCURÚ, ALTA VERAPAZ

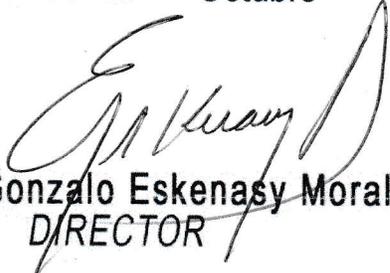
Presentado por el (la) estudiante:

**HOLGER KIYOSHI KHAOSAI PONCE FIGUEROA**

Autoriza el

**IMPRIMASE**

Cobán Alta Verapaz 03 de Octubre de 2016.

  
Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales  
DIRECTOR

