



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Energía y Ambiente

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

Inga. Química Tannia Magaly De León Morán
Asesorado por la Ph.D. Casta Petrona Zeceña Zeceña

Guatemala, septiembre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
DIRECTOR	Msc. Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
COORDINADOR	Msc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
EXAMINADOR	Msc. Pablo Christian De León Rodríguez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

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

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Postgrado, con fecha 3 de febrero de 2015.



Tannia Magaly De León Morán



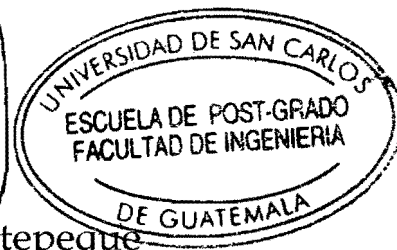
FACULTAD DE
INGENIERÍA - USAC
EP
ESCUELA DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2016-063

Como Coordinador de la Maestría en Energía y Ambiente y revisor del Trabajo de Graduación titulado **"TRATAMIENTO PRIMARIO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PROVENIENTES DE LAS FOTOCELDAS UTILIZADAS EN LOS SISTEMAS DE ALUMBRADO PÚBLICO "** presentado por la Ingeniera Química **Tannia Magaly De León Morán**, apruebo y recomiendo la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"



MSc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador de Maestría
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, septiembre de 2016

Cc: archivo/la

Doctorado: Sostenibilidad y Cambio Climático. Programas de Maestrías: Ingeniería Vial, Gestión Industrial, Estructuras, Energía y Ambiente Ingeniería Geotécnica, Ingeniería para el Desarrollo Municipal, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ingeniería de Mantenimiento. Especializaciones: Gestión del Talento Humano, Mercados Eléctricos, Investigación Científica, Educación virtual para el nivel superior, Administración y Mantenimiento Hospitalario, Neuropsicología y Neurociencia aplicada a la industria, Enseñanza de la Matemática en el nivel superior, Estadística, Seguros y ciencias actuariales, Sistemas de información Geográfica, Sistemas de gestión de calidad, Explotación Minera, Catastro.



FACULTAD DE
INGENIERÍA - USAC
EP
ESCUELA DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO

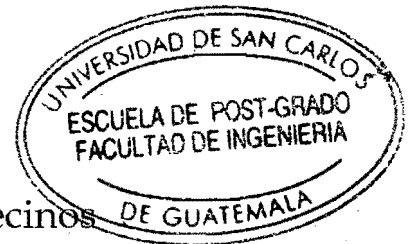
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2016-063

El Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística del Trabajo de Graduación titulado "TRATAMIENTO PRIMARIO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PROVENIENTES DE LAS FOTOCELDAS UTILIZADAS EN LOS SISTEMAS DE ALUMBRADO PÚBLICO" presentado por la Ingeniera Química Tannia Magaly De León Morán, correspondiente al programa de Maestría en Energía y Ambiente; apruebo y autorizo el mismo.

"Id y Enseñad a Todos"

MSc. Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
Director
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, septiembre de 2016.

Cc: archivo/la

Doctorado: Sostenibilidad y Cambio Climático. Programas de Maestrías: Ingeniería Vial, Gestión Industrial, Estructuras, Energía y Ambiente Ingeniería Geotécnica, Ingeniería para el Desarrollo Municipal, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ingeniería de Mantenimiento. Especializaciones: Gestión del Talento Humano, Mercados Eléctricos, Investigación Científica, Educación virtual para el nivel superior, Administración y Mantenimiento Hospitalario, Neuropsicología y Neurociencia aplicada a la Industria, Enseñanza de la Matemática en el nivel superior, Estadística, Seguros y ciencias actuariales, Sistemas de información Geográfica, Sistemas de gestión de calidad, Explotación Minera, Catastro.



FACULTAD DE
INGENIERÍA - USAC
EP
ESCUELA DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226

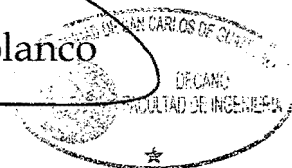
Ref. APT-2016-063

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Postgrado, al Trabajo de Graduación de la Maestría en Energía y Ambiente titulado: **"TRATAMIENTO PRIMARIO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PROVENIENTES DE LAS FOTOCELDA UTILIZADAS EN LOS SISTEMAS DE ALUMBRADO PÚBLICO"** presentado por la Ingeniera Química **Tannia Magaly De León Morán**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
DECANO



Guatemala, septiembre de 2016.

Cc: archivo/la

Doctorado: Sostenibilidad y Cambio Climático. Programas de Maestrías: Ingeniería Vial, Gestión Industrial, Estructuras, Energía y Ambiente Ingeniería Geotécnica, Ingeniería para el Desarrollo Municipal, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ingeniería de Mantenimiento. Especializaciones: Gestión del Talento Humano, Mercados Eléctricos, Investigación Científica, Educación virtual para el nivel superior, Administración y Mantenimiento Hospitalario, Neuropsicología y Neurociencia aplicada a la Industria, Enseñanza de la Matemática en el nivel superior, Estadística, Seguros y ciencias actuariales, Sistemas de Información Geográfica, Sistemas de gestión de calidad, Explotación Minera, Catastro.

ACTO QUE DEDICO A:

Mi padre

César De León Contreras (1942-2011), por todo su amor el cual me ha ayudado a culminar esta meta, como muestra de lo que me enseñó, lo extraño y lo llevo por siempre en mi corazón.

Mi madre

Gloria Rebeca Morán Mérida, por su amor y apoyo, porque me ha enseñando a superar los momentos más difíciles de mi vida. Gracias.

Mi esposo

Werner Leonel Pineda Muñoz, por acompañarme en una alegría más, y compartir su vida conmigo. Lo amo.

Mis hijas

Melany Sofía y Madelyn Estefannía, por ser los dos soles que alumbran mi vida, por su amor, me siento orgullosa de ser su madre. Siempre perseveren para alcanzar sus metas. Las amo por siempre.

Mis hermanos

Douglas, Vera, Dennis y Damaris, por ser mis queridos hermanos, les deseo siempre lo mejor, sigamos siendo cada vez mejores, poniendo en alto el nombre de nuestros padres.

Mis sobrinos

Harold Joel, César Emanuel, Diego Alejandro y Emily Daniela, deseo que logren alcanzar las metas que se propongan.

Mis suegros

Elmer Pineda Díaz y Sandra Muñoz López por el apoyo que me han brindado.

Mis cuñados

Por momentos que compartimos junto a la familia.

Mis abuelos

Félix De León Barillas, Máxima Contreras Aguirre, María Laura Mérida Ruíz y Manuel de Jesús Morán Gálvez, por llevarlos con cariño en los recuerdos de mi infancia.

AGRADECIMIENTOS A:

Mi asesora

Ph.D. Casta Petrona Zeceña Zeceña, por todo su apoyo y consejos, los que me han ayudado a demostrarme que puedo lograr lo que me proponga, y que todo tiene su sacrificio y recompensa.

Mis compañeros

A todos los instructores e instructoras de laboratorio Química General, gracias por motivarme a seguir adelante y por los buenos momentos compartidos. Les deseo éxitos en todo lo que se propongan.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	I
LISTA DE SÍMBOLOS.....	V
GLOSARIO.....	VII
RESUMEN.....	IX
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XI
OBJETIVOS.....	XV
RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. ANTECEDENTES.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Lámpara de alumbrado público.....	7
2.2. Componentes de las lámparas.....	9
2.2.1. Bombillo.....	9
2.2.2. Balastro.....	9
2.2.3. Ignitor.....	10
2.2.4. Capacitor.....	10
2.2.5. Fotocontrol.....	10
2.3. Fotocontroles.....	10
2.3.1. Fabricación.....	11
2.3.1.1. Normas ANSI.....	12
2.3.2. Tipos de fotocontroles.....	13
2.3.2.1. Fotocontrol por sensor fotoresistivo.....	13

2.3.2.2.	Fotocontrol electromagnético.....	13
2.3.2.3.	Fotocontrol térmico.....	13
2.3.2.4.	Fotocontrol por comando electrónico.....	14
2.3.2.5.	Fotocontrol temporizado.....	14
2.3.2.5.1.	Tiempos de desconexión fijo.....	15
2.3.2.5.2.	Tiempo ajustable.....	15
2.3.3.	Funcionamiento.....	15
2.4.	Desechos en Guatemala.....	17
2.4.1.	Marco Legal.....	18
2.5.	Desechos alumbrado público.....	19
2.6.	Desechos electrónicos.....	20
2.6.1.	Definición.....	20
2.6.2.	Clasificación.....	20
2.7.	Reciclaje.....	23
3.	MARCO METODOLÓGICO.....	25
3.1.	Tipo de estudio.....	25
3.2.	Variables independientes.....	25
3.3.	Variables dependientes.....	25
3.4.	Fase preliminar de gabinete.....	26
3.5.	Fase de campo.....	26
3.6.	Fase de laboratorio.....	26
3.6.1.	Tabulación de la información.....	27
3.7.	Fase final de gabinete.....	28
4.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	29
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	57
	CONCLUSIONES.....	79
	RECOMENDACIONES.....	81

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
ANEXOS.....	89
Anexo I. Lineamientos generales para el tratamiento de los desechos sólidos, generados por las fotoceldas de alumbrado público.....	89
Anexo II. Figuras de los componentes de las fotoceldas.....	97
Anexo III. Hoja de descripción de algunas de las fotoceldas.....	107
Anexo IV. Hoja de seguridad de sustancias tóxicas presentes en las fotoceldas	113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Funcionamiento básico de un fotocontrol.....	17
2.	Porcentaje de componentes con materiales tóxico y no tóxicos en las fotoceldas de sensor fotoresistivo.....	36
3.	Porcentaje de componentes con materiales tóxicos y no tóxicos en las fotoceldas de comando electrónico.....	38
4.	Porcentaje de materiales reciclables y no reciclables en las fotoceldas.....	40
5.	Porcentaje en masa (% m/m) de componentes que contienen Polipropileno en las fotoceldas	43
6.	Porcentaje en masa (% m/m) de componentes que contienen bronce en las fotoceldas	44
7.	Porcentaje en masa (% m/m) de componentes que contienen cobre en las fotoceldas	45
8.	Porcentaje en masa (% m/m) de componentes que contienen metales no magnéticos en las fotoceldas.....	46
9.	Porcentaje en masa (% m/m) de componentes que contienen metales magnéticos en las fotoceldas.....	47
10.	Porcentaje en masa (% m/m) de componentes que contienen Acrilonitrilo Butadieno Estireno en las fotoceldas.....	48
11.	Porcentaje en masa (% m/m) de componentes que contienen Latón en las fotoceldas	49
12.	Valor de recuperación por marca de fotocelda en Quetzales.....	51
13.	Esquema de lineamientos generales para el tratamiento primario de los desechos de las fotoceldas de alumbrado público.....	55

14.	Lámpara encendida durante el día.....	57
15.	Tipo de fotocontrol por operación. a. sensor fotoresistivo electromagnético b. comando electrónico.....	61
16.	Diagrama de separación primaria de las fotoceldas.....	63
17.	Fotoceldas proporcionadas por las Municipalidad de San Diego, Zacapa.....	97
18.	Prueba de funcionamiento para los fotocontroles.....	97
19.	Separación primaria para las fotoceldas. cubierta, visor y base.....	98
20.	Algunos componentes de protección de las fotoceldas.....	98
21.	Conectores o terminales de las fotoceldas.....	99
22.	Componentes electrónicos de la fotocelda marca A de fototransistor-electromagnético.....	99
23.	Componentes de electrónicos de la fotocelda marca B de fotoresistencia- electromagnético.....	100
24.	Bobinas de las fotoceldas por sensor fotoresistivo-electromagnético.....	100
25.	Rebobinado de cobre para fotoceldas por sensor fotoresistivo fotoresistivo-electromagnético	101
26.	Construcción de una fotoresistencia.....	101
27.	Fotoresistores de las fotoceldas.....	102
28.	Componentes de soporte y complemento fotocelda de marca A de sensor fotoresistivo- electromagnético.....	102
29.	Componentes de soporte y complemento fotocelda marca B de sensor fotoresistivo-electromagnético.....	103
30.	Componentes fotocelda marca D de fototransistor con comando electrónico.....	103
31.	Apariencia interna de un relé electromagnético.....	104
32.	Diagrama de funcionamiento de un relé electromagnético.....	104

33.	Capacitor electrolítico laminar.....	105
34.	Componentes fotocelda marca B con comando electrónico.....	105
35.	Componentes fotocelda marca E de fototransistor con comando electrónico.....	106

TABLAS

I.	Categorías de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), según la Directiva de la Unión Europea (UE) sobre RAEE (EU 2002 a).....	21
II.	Iniciativas que abordan los temas de los residuos de aparatos electrónicos y eléctricos desde distintas perspectivas.....	22
III.	Variables independientes.....	25
IV.	Variables dependientes.....	25
V.	Información de la fotocelda.....	27
VI.	Identificación y clasificación de componentes de las fotoceldas.....	28
VII.	Masa media (\bar{m}) y porcentaje en masa ($\% m/m$) con su dispersión (σ) y variabilidad (σ^2), para los componentes en la fotocelda marca A de sensor fotoresistivo-electromagnético.....	29
VIII.	Masa media (\bar{m}) y porcentaje en masa ($\% m/m$) con su dispersión (σ) y variabilidad (σ^2), para los componentes en la fotocelda marca B de sensor fotoresistivo- electromagnético.....	30
IX.	Masa media (\bar{m}) y porcentaje en masa ($\% m/m$) de los componentes en la fotocelda marca C de fototransistor con comando electrónico.....	31
X.	Masa (m) y porcentaje en masa ($\% m/m$) de los componentes en la fotocelda de circuito marca D de sensor fotoresistivo con comando electrónico.....	32

XI.	Masa media (\bar{m}) y porcentaje en masa ($\% m/m$) con su dispersión (σ) y variabilidad (σ^2), para los componentes en la fotocelda de circuito marca E de fototransistor con comando electrónico.....	33
XII.	Masa(m) y porcentaje en masa ($\% m/m$) de los componentes en la fotocelda marca B de fototransistor con comando electrónico.....	34
XIII.	Materiales presentes en los componentes de las fotoceldas de sensor fotoresistivo-electromagnético y su clasificación tóxicos y no tóxicos.....	35
XIV.	Materiales presentes en los componentes de las fotoceldas de comando electrónico y su clasificación tóxicos y no tóxicos.....	37
XV.	Materiales reciclables y no reciclables en los componentes de las fotoceldas.....	39
XVI.	Porcentaje en masa ($\% m/m$) de componentes con materiales con valor de reciclaje en las fotoceldas, por sensor fotoresistivo-electromagnético.....	41
XVII.	Porcentaje en masa ($\% m/m$) de componentes con materiales con valor de reciclaje en las fotoceldas de fototransistor con comando electrónico.....	42
XVIII.	Valor de recuperación por marca de fotocelda en Quetzales.....	50
XIX.	Usos de los componentes de las fotoceldas de sensor fotoresistivo-electromagnético.....	52
XX.	Usos de los componentes de las fotoceldas de fototransistor con comando electrónico.....	53
XXI.	Aplicaciones de los componentes electrónicos de las fotoceldas.....	54
XXII.	Información obtenida respecto a la generación de desechos, por las municipalidades encuestadas.....	58
XXIII.	Información obtenida respecto al encargado de los desechos de alumbrado público, generado por las municipalidades encuestadas.....	59

LISTA DE SÍMBOLOS

ANSI	American National Standard Institute
AsGa	Arseniuro de Galio
Zn	Cinc
Cu	Cobre
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica
CONADES	Comisión Nacional para el Manejo de los Desechos Sólidos
Cr	Cromo
σ	Desviación estándar
EPSA	Empresa de Energía del Pacífico, Colombia.
EEGSA	Empresa Eléctrica de Guatemala Sociedad Anónima
EPA	Environmental Protection Agency
Sn	Estaño
$^{\circ}\text{C}$	Grados Celsius
HMIS	Hazardous Materials Identification System
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
kg	Kilogramo
kΩ	Kiloohmio
LDR	Light – Dependent Resistor
LED	Light-Emitting Diode
<i>m</i>	Masa
\bar{m}	Masa media
NTP	Notas técnicas de prevención
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
Pb	Plomo
$\% m/m$	Porcentaje en masa

Q	Quetzales
RAEE	Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos
RE	Sinónimo de RAEE
CdS	Sulfuro de cadmio
W	Unidad de potencia en el Sistema Internacional
σ^2	Varianza

GLOSARIO

Dado	Cristal de un material semiconductor, por lo general de Silicio, utilizado para fabricar circuitos integrados.
Diodo	Componente que permite el paso de la corriente en un solo sentido.
Fotocontrol	Dispositivo que se utiliza para encender y apagar de manera automática las luminarias llamado también fotocelda.
Fotoeléctrico	Componente cuyo funcionamiento se ve afectado directamente con la radiación electromagnética.
Fototransistor	Componente electrónico donde se produce una ganancia de corriente con la misma luz incidente que en un fotodiodo.
Luminaria	Dispositivo físico que protege a la lámpara, distribuye el flujo luminoso por la lámpara.

Mutagénico	Sustancia que puede producir alteraciones genéticas hereditarias y esterilidad.
Reciclaje	Proceso en el cual se extrae y transforma los materiales y componente como fuente de materia prima.
Reutilización	Acción que permite prolongar la vida útil y el uso de los residuos electrónicos y el uso de algunos componentes.
Valorización	Acción que permite el aprovechamiento de los residuos electrónicos y materiales tomando las consideraciones con el ambiente y la salud.
Umbral	Término que hace referencia a lo requerido para producir el efecto fotoeléctrico en un material.
Valorización	Acción que permite el aprovechamiento de los residuos electrónicos y materiales tomando las consideraciones con el ambiente y la salud.

RESUMEN

Se realizó la identificación de los componentes de la fotocelda de alumbrado público para 5 marcas diferentes correspondientes a las muestras proporcionadas por las municipalidades y empresa privada. Así como la clasificación de las sustancias que pueden presentar los componentes por su fabricación de acuerdo a la condición de toxicidad. Se trabajó con dos tipos de fotoceldas de acuerdo al tipo de funcionamiento.

Para ello, se separó primariamente los componentes de las fotoceldas, se cuantificó la masa y se obtuvo el porcentaje en masa de los mismos. Se realizó una revisión bibliográfica respecto a los materiales utilizados en la fabricación de los diferentes componentes electrónicos.

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

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a la sustitución de luminarias de alumbrado público en busca de la eficiencia energética como manera de disminuir el monto en la factura de energía eléctrica en las comunas, se genera desechos que van desde los bombillos y componentes de las lámparas como: cabezote, sensor de encendido o fotocelda, difusor, reflector y el soporte de la luminaria, los que constituyen la justificación primordial de la presente investigación. Estos componentes son sustituidos completamente y en algunos casos se encuentran en perfecto estado, produciendo con ello un desperdicio de estos componentes y su desaprovechamiento como reemplazo para las lámparas instaladas. Aunado a esto, la inexistencia de una política adecuada para los desechos generados del alumbrado público provoca incertidumbre respecto al manejo apropiado por las municipalidades que son las encargadas de manejar estos desechos sólidos.

A consecuencia de estas acciones se ha generado una acumulación de los desechos generados por el alumbrado público. Debido a la inexistencia de una política, pocas municipalidades optan por almacenar los desechos y la mayoría simplemente los descartan en los botaderos municipales, debido a que no tienen el espacio físico necesario y no están capacitados para manejar los desechos que se generan. En el departamento de Guatemala se tiene un aproximado de 37,490 lámparas de mercurio instaladas en el año 2012.

De los desechos generados en busca de la eficiencia energética se encuentra las fotoceldas o sensores de encendido de la lámpara, que

pueden aprovecharse, ya sea como sustitución para aquellos sensores que estén dañados, así como en la sustitución de componentes y en el aprovechamiento de los materiales que los conforman en sí.

Se identificó y realizó la clasificación de los materiales de las fotoceldas; para ello, se tomó en cuenta los efectos dañinos que pueden ocasionar a la salud y al ambiente. Así mismo, se determinó la reutilización de los componentes de las fotoceldas como restitución de componentes defectuosos que impiden el funcionamiento de las fotoceldas. En este aspecto se evaluó los materiales aptos para ser reciclados en las fotoceldas como fuente de materia prima, con lo cual se tiene un beneficio económico. Por último, se cuantificó, se obtuvo la masa de cada material reciclable y el porcentaje en masa que representaba en la fotocelda como una referencia que ayude a aprovechar los materiales presentes en la fotocelda.

Por lo tanto, para la elaboración de este informe se genera la siguiente pregunta principal: ¿Cómo establecer los lineamientos generales para el tratamiento primario de los residuos sólidos provenientes de las fotoceldas utilizadas en los sistemas alumbrado público?

Y las preguntas auxiliares correspondientes:

1. ¿Qué materiales están presentes en los componentes de las fotoceldas de alumbrado público? ¿Y a qué clasificación corresponden?

2. ¿Qué usos pueden tener los componentes de las fotoceldas para su utilización como sustitución de componentes defectuosos?
3. ¿Cuál puede ser el potencial de reciclaje si para ello se cuantifica los materiales presentes en los componentes de las fotoceldas?

Con base a los antecedentes, se puede inferir que dentro del tema de los residuos sólidos, es imprescindible un estudio como el propuesto; ya que existe una deficiencia respecto al manejo de los desechos sólidos electrónicos generados en los sistemas de alumbrado público.

OBJETIVOS

General

Establecer los lineamientos generales para el tratamiento primario de los residuos sólidos provenientes de las fotoceldas utilizadas en los sistemas de alumbrado público, realizando para ello su clasificación y cuantificación.

Específicos

1. Identificar y clasificar los materiales presentes en los componentes de las fotoceldas del alumbrado público, tomando en cuenta los efectos dañinos a la salud y al ambiente que puedan ocasionar.
2. Determinar los posibles usos de los componentes de las fotoceldas para restitución de componentes defectuosos.
3. Evaluar el potencial de reciclaje cuantificando los materiales presentes en los componentes de las fotoceldas como fuente de materia prima, para su aprovechamiento en otros procesos.

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

El estudio realizado es de carácter descriptivo, ya que con base a este se estableció las sustancias presentes en los componentes de las fotoceldas de alumbrado público, las variables trabajadas fueron cuantitativas tales como la masa de los componentes así como el porcentaje en masa de estos en la fotocelda de alumbrado público, y se trabajó con variables cualitativas, por lo tanto, el presente es un estudio mixto.

Entre las variables independientes se puede mencionar el tipo de mecanismo de la fotocelda y la condición de funcionamiento de la misma. Las cuales fueron del tipo categórica y ayudó a establecer aspectos de la procedencia de las fotoceldas.

Para las variables dependientes se trabajó con variables de tipo categórica como la cantidad de componentes presentes en la fotocelda y la clasificación de las sustancias presentes en los componentes de acuerdo a su toxicidad.

Respecto a las variables dependientes, también se trabajó con variables del tipo numérica, como la masa tanto de la fotocelda como de los componentes, la cantidad de componentes presentes y el porcentaje en masa de los componentes en la fotocelda. Para los cuales se determinó la variabilidad y dispersión de estos en el caso de las masas de los componentes y fotoceldas.

Este estudio abarcó cuatro fases. La fase preliminar consistió en recopilar y revisar la información relacionada al tema de desechos de alumbrado público y manejo de los desechos electrónicos, tanto a nivel nacional como internacional. Además, se visitó algunas municipalidades con el objeto de conocer la situación de los desechos de alumbrado público.

En la fase de campo, se solicitó fotoceldas a las municipalidades visitadas, entre ellas la Municipalidad de Mixco, la Municipalidad de San Diego, Zacapa. Se obtuvo una muestra probabilística, para una población de tamaño desconocida, la cual correspondió a 20 fotoceldas a estudiar, las cuales procedían de las municipalidades y empresa privada.

En la fase de laboratorio, se trabajó en el Laboratorio de Química General de la Facultad de Ingeniería; el trabajo experimental inició con identificar las fotoceldas, establecer su condición de funcionamiento y se utilizó una balanza marca Ohaus para realizar las mediciones de masas de la fotocelda; luego se desarmó cada una y se determinó la masa de los componentes, para lo cual se trabajó por triplicado a fin de determinar la desviación y variabilidad de los datos.

Se investigó las sustancias que se utilizan para la fabricación de los componentes encontrados en las fotoceldas junto a los datos obtenidos en la fase experimental, se determinó su potencial de reutilización y el potencial de reciclaje así como la toxicidad de las sustancias presentes en las fotoceldas de alumbrado público.

Con la colaboración de la rama estudiantil, del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) con sede en la Universidad de San Carlos, se determinó algunas aplicaciones en las que se podría usar los componentes de las fotoceldas.

INTRODUCCIÓN

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

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

Dentro de los capítulos del índice propuesto en esta investigación se encuentran los antecedentes, que incluyen información previa realizada respecto al tema de la investigación y hace énfasis en el cambio de lámparas de mercurio, en busca de la eficiencia energética sin tomar en cuenta; la cantidad de residuos que se generaron de esta acción.

El marco teórico consiste en la fundamentación teórica referente a los desechos electrónicos específicamente para fotoceldas, detallando en su fabricación y funcionamiento, entre otros.

En la metodología para este estudio, se contó con variables independientes y dependientes. Entre las variables independientes se figuraban la marca de la fotocelda y la condición de funcionamiento.

Las variables dependientes fueron: la masa de la fotocelda, la masa de los componentes, la clasificación de los componentes por su toxicidad entre otros.

Los resultados que se esperaban corresponden al porcentaje en masa de los componentes en las fotoceldas, la clasificación y estimación de los materiales en los componentes de acuerdo a su toxicidad. Con el inventario nacional de lámparas instaladas se logró establecer un estimado del valor de recuperación de los materiales en los componentes de la fotocelda que pueden ser o no aprovechados.

Con lo que se analizó en la discusión de resultados el potencial de aprovechamiento que pueden tener las fotoceldas de alumbrado público, los efectos al ambiente que puede generar la disposición de éstas en los basureros comunes y los beneficios que pueden generar el manejo adecuado de estos desechos electrónicos.

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

1. ANTECEDENTES

En marzo del año 2013, se presenta el informe final del proyecto: “Determinación, evaluación y propuesta del manejo de los desechos sólidos del alumbrado público en el departamento de Guatemala” con investigador principal a la Dra. Casta Zeceña Zeceña, el cual fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – CONCYT-, La Secretaría de Ciencia y Tecnología -SENACYT-, El Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología - FONACYT- apoyado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Este proyecto nace por el interés de proponer una metodología para el tratamiento de los desechos sólidos generados del alumbrado público, al realizar la sustitución de las lámparas de vapor de mercurio por lámparas de vapor de sodio, por las municipalidades, en busca de la eficiencia energética, con el fin de la disminución de los costos por cobro de energía.

En este contexto se realizan varias actividades que van desde visitar a las municipalidades para conocer la situación de cada una respecto a los desechos generados, clasificación de los componentes no tóxicos de las lámparas, realización de un inventario, evaluación de procedimientos para separar componentes tóxicos en las lámparas, así como su cuantificación. También se realizó un procedimiento para el tratamiento químico del desecho tóxico de mercurio en la ampolla de cuarzo, entre otras actividades.

El trabajo del proyecto se centró en la Municipalidad de Mixco, ya que esta contaba con una bodega en donde se habían almacenado los desechos.

Zeceña (2013) entre los desechos almacenados de las lámparas en la municipalidad se encuentran, luminarias, cabezote tipo canasta y tipo cobra, balastro correspondiente a cada cabezote, difusor tipo canasta y cobra, reflector para ambos tipos, soportes de las lámparas y sensor de encendido. La cantidad de lámparas que se almacenó en Mixco se encuentra alrededor de las 11,232. Lamentablemente la municipalidad de Mixco con el cambio de autoridades en el año 2012 ya no dio seguimiento a los aportes del proyecto.

El cambio de lámparas que se realizó en la municipalidad de Mixco correspondió a la iniciativa que surgió por el Gobierno de Guatemala en función de la eficiencia energética, donde según la Revista Summa (2009) citada por Zeceña: las comunas sustituirían 300,000 lámparas de vapor de sodio. Dicha sustitución lograría un ahorro del 40% del consumo habitual de energía eléctrica. Pero es evidente que en este proyecto no se tomó en cuenta el aspecto ambiental que tiene que ver con la generación de un gran volumen de desechos sólidos.

Dentro de los resultados del proyecto se logró establecer que el 98 % de los desechos no tóxicos de las lámparas se consideraban material reciclable.

En mayo del año 2010, el ingeniero industrial Alex Suntecún Castellanos, presentó su trabajo de graduación de postgrado titulado: "Tratamiento primario desechos de las lámparas de vapor de mercurio de alta presión del alumbrado público en las municipalidades de Guatemala".

Suntecún (2010), proporciona un tratamiento primario para los desechos de las lámparas de vapor de mercurio, y con base al estudio realizado estima que de la sustitución de lámparas anunciadas por el Gobierno de Guatemala se generarán 1, 710, 080 kg de desechos sólidos, de los cuales 27,520 kg corresponden al sensor de encendido (fotocelda). Menciona en sus recomendaciones la evaluación de la compatibilidad de los componentes para evitar gastar en estos y así reducir el volumen de desechos, lo cual se puede hacer con el brazo de la lámpara, así como con el sensor de encendido(fotocelda), para su reutilización. Así mismo indica que los materiales son reciclables a excepción de las bombillas. Refiere dentro de las recomendaciones que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales promueva una ley para el manejo de los desechos sólidos que involucre a los importadores y distribuidores de las lámparas y que se incluya dentro de la adquisición de lámparas el componente ambiental.

En Guatemala existe una apatía respecto al tratamiento de los desechos sólidos, Prensa Libre (2013), publicó un artículo donde hace referencia a que no existe un control de los desechos sólidos comunes, en este se menciona que el 66% de la basura diaria es llevada a los botaderos autorizados e indican que no existe una legislación adecuada y que el Gobierno no tiene ningún plan

para cambiar el tratamiento de los desechos. Otro de los puntos importantes mencionados en este artículo es que no existe una política estatal que abarque el tema de los desechos sólidos y que las municipalidades y el Gobierno no invierten en ese rubro. Las propuestas o ideas no pasan de ser únicamente paliativos de la situación y no hay políticas de fondo que busquen solucionar el problema. Lo más lamentable es que no hay voluntad institucional, municipal y estatal para implementar un reglamento que obligue a las municipalidades a tratar los desechos del alumbrado público, ya que a estas les corresponde dar manejo a los desechos de acuerdo al Artículo 68 literal “a” del Código Municipal.

En 2013, la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), propone un análisis de las alternativas que existen para el ahorro y la eficiencia energética donde hace una comparación de las diferentes tecnologías y de la proporción en que estas se encuentran dentro del parque de lámparas a nivel República de Guatemala, donde se plantea los beneficios de la sustitución de lámparas más eficientes y recomienda que al realizar la implementación se asesore en la gestión de residuos.

En el año 2006, Alex Cazco Arizaga presenta en Guayaquil-Ecuador su tesis de pregrado para adquirir el título de Ingeniero en Electricidad en la especialidad potencia: “ Estudio para el ahorro de energía en alumbrado público de la base naval Sur”.

Es evidente que la eficiencia energética juega un papel muy importante y es una constante a nivel mundial buscar mejores tecnologías, Casco(2006) realiza un análisis para mejorar la eficiencia

energética en la base naval del sur, donde plantea los beneficios tanto económicos como en eficiencia de iluminación de la tecnología de vapor de sodio, pero igual sucede en Guatemala, no se menciona el factor ambiental, no se toma en cuenta las acciones cuando las lámparas se sustituyan. Menciona en su estudio que la frecuencia de mantenimiento correctivo corresponde a 7 años para los brazos de la luminaria, 4 años para el balastro, 3 años para las lámparas y 2 años para las fotoceldas.

En septiembre de 1998, Guido Acurio, Antonio Rossin, Paulo Fernando Teixeira y Francisco Zepeda realizaron la segunda edición del “Diagnóstico de la situación del manejo de residuos municipales en América Latina y el Caribe”, la cual es una publicación conjunta con el Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana de la Salud.

Acurio *et. al* (1998) mencionan que no hay planes operativos, financieros ni ambientales en relación al manejo de los desechos sólidos en la región; también indican que la legislación es inadecuada y no existe coherencia entre las disposiciones de los desechos sólidos municipales, especiales y peligrosos, donde las municipalidades no han visualizado el beneficio económico del manejo adecuado de los desechos sólidos.

Además Acurio *et. al* (1998) indican que Guatemala se encuentra en proceso de preparación de normas técnicas sobre manejo de residuos sólidos de establecimientos de salud y especiales. A pesar de la antigüedad de este informe el país ha avanzado muy poco

en la legislación que respalde el manejo de los desechos sólidos a nivel nacional, estatal y municipal.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Lámparas de alumbrado público

Según el informe técnico alternativas para el desarrollo y la eficiencia energética de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2001), se conoce como lámpara “todo dispositivo que en su conjunto o individualmente producen la conversión de energía eléctrica en luz (balastro, bombilla arrancador, ignitor, etc.)” (página 6). Este informe también indica que dentro del alumbrado público se utilizan las lámparas de vapor de mercurio a alta presión, y las de vapor de sodio a baja presión y alta presión así como otras tecnologías.(página 4).

También señala que “la luminaria es todo dispositivo físico que protege la lámpara, distribuye el flujo luminoso producido por la lámpara, contiene los medio para su fijación y él o los medios de control para la operación de la lámpara” (página 6). Entre estos componentes se encuentran todos aquellos que son externos a la lámparas, dentro de estos componentes se encuentran las fotoceldas que son utilizadas para encender la lámpara.

La luminaria está conformada por todos aquellos elementos que distribuyen la luz que emite una bombilla e incluye todos los accesorios tanto eléctricos, mecánicos como ópticos.

Zeceña (2013), afirma que las lámparas de descarga son aquellas que emiten luz, debido a la excitación de un gas que

se somete a descargas eléctricas entre dos electrodos, por lo que puede haber una variedad de lámparas, debido a la presión interna y al gas contenido.

Cazco (2006), también indica que son eficientes y económicas para la producción de luz y que debido a esto su uso se ha ampliado. Dentro de estas se encuentran las lámpara de vapor de mercurio y vapor de sodio, de diferentes presiones.

La Comisión Nacional de Energía Eléctrica CNEE (2013), indica que las tecnologías utilizadas en el parque de lámparas de alumbrado público destaca (según datos de EEGSA, DEOCSA y DEORSA):

- Lámparas de vapor de Mercurio de 175 W. Vapor de mercurio de alta presión con bombillas con potencia de 175 W.
- Lámparas de Vapor de Sodio de 100 W. Vapor de sodio de alta presión con bombillas con potencia de 100 W.
- Todas las tecnologías que no incluyan las anteriores. Dentro de estas pueden estar las de Sodio y Mercurio de distintas potencias, las de Haluros o Aditivos Metálicos, incandescentes, de Inducción, fluorescentes, LED y LFC.

Dentro de los tipos de luminarias, Zeceña (2013) indica que están los siguientes:

- Tipo canasta: Utilizada en exteriores, como calles, avenidas, parques etc.

- Tipo cobra: Utilizada en avenidas, estacionamientos y vías públicas.

2.2. Componentes de las lámparas

Cazco Arízaga (2006), indica que las lámparas están constituidas por los siguientes componentes:

2.2.1. Bombillo

Consiste en un bulbo de borosilicato recubierto con una capa fina de fósforo fluorescente, ofrece protección y equilibrio térmico a la ampolla de cuarzo contenida en su interior. Esta se llena con nitrógeno o una mezcla nitrógeno-argón, lo que le permite prevenir la oxidación de los selladores del arco de tubo para disminuir la velocidad de deterioro del fósforo. Este consta a la vez de los siguientes componentes:

- casquillo
- Resistencia de arranque
- Ampolla de cuarzo
- Soporte de montaje

2.2.2. Balastro

Son aparatos eléctricos que adecúan la energía eléctrica disponible en las redes de alimentación, provee las condiciones de arranque y operación de las lámparas eléctricas de descarga. Según Suntecún (2010) “ dispositivo electromagnético que provee las condiciones de arranque y operación de las lámparas eléctricas de descarga. Sirve para proporcionar a

estas las condiciones de operación necesarias como son: tensión, corriente y forma de onda”.(p.24)

2.2.3. Ignitor

Según la guía de Alumbrado público exterior(2007) el ignitor o arrancador se utiliza para encender la bombilla de descarga evitando el calentamiento de los electrodos mediante pulsos de tensión, puede utilizar o no el balastro para este efecto.

2.2.4. Capacitor

García T. (2006) define este como un aparato que consta de dos placas que están paralelamente y separadas a una distancia pequeña, que pueden utilizarse los tipo seco o en aceite dieléctrico. Así mismo indica que estos son usados para hacer la corrección del factor de potencia.

2.2.5. Fotocontrol

Este es un dispositivo que cuenta con un sensor de encendido. El cuál es utilizado como control automático para encender y apagar la lámpara en el alumbrado público. Está diseñada para activarse o desactivarse solamente con luz natural.

2.3. Fotocontroles

Son dispositivos que se utilizan para encender y apagar de manera automática las luminarias de alumbrado público en función del nivel de iluminación del ambiente. Son llamados también fotoceldas. En el caso más

común el fotocontrol enciende la bombilla durante la noche y la apaga durante el día.

Según García T. (2006) existen algunos que realizan el control de encendido – apagado de manera individual (normalmente cerrado NC) y existen otros asociados con un contactor que pueden controlar un grupo de luminarias, en este caso el fotocontrol será llamado normalmente abierto (NA).

La vida útil del fotocontrol debe sobrepasar las 3,600 operaciones, siendo cada operación el ciclo completo conexión-desconexión en condiciones nominales de funcionamiento.

2.3.1. Fabricación

Los fotocontroles están fabricados de diversos materiales. Estos tienen funciones de protección, soporte, transmisión de la corriente eléctrica y funcionamiento de la fotocelda o fotocontrol. Los materiales pueden ser desde metales pesados hasta polímeros. Las marcas más utilizadas en el alumbrado público guatemalteco se encuentran las siguientes: Fisher Pierce (Weymouth, MA, USA), Star Lux (Hallandale, FL, USA), Sun -Tech (Raynham, MA, USA) , DTL (USA) entre otras. Según la norma colombiana para alumbrado público, (2011) para la fabricación de fotoceldas y fotocontroles que se adquieren deben de contar con las siguientes normas de fabricación:

Según EPSA (2000), algunas de las especificaciones que deben cumplir las fotoceldas que son instaladas en Colombia, se menciona el material de la cubierta del fotocontrol o fotocelda de tal manera que este garantice la hermeticidad el cual debe ser de material

plástico, resistente a la acción de los rayos ultravioleta. La norma colombiana está referida en las siguientes normas internacionales que deben cumplir todos los fabricantes de fotoceldas y que están referidas también en el manual de normas de alumbrado público de puerto Rico (2001):

- ANSI C136.2-2004, American National Standard for Roadway and Area Lighting Equipment. Luminaire Voltage Classification.
- ANSI/IEEE C62.41-1991, IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage Power Circuits.
- ANSI/UL 773-1987, Standard Tor Plug-in, Locking-type Photocontrols for Use with Ares Lighting.
- IESNA LM-48- 01, IESNA Guide for Testing the Calibration of Locking-type Photoelectric Control Devices Used in Outdoor Applications.
- Journal of the Illuminating Engineering Society, Vol. 21, No. 2, Summer 1992, pp 54-56. UL 94-1996, Test for Flammability of Plastic Materials

2.3.1.1. Normas ANSI (American National Standard Institute)

Estas son las normas americanas nacionales que incluyen la productividad, incrementan la eficiencia y reducen los costos. Dentro de estas normas se incluyen las normas ISO 9000, ISO 9001, 14,000 y las normas ASTM entre otras. Se realizan en base a un consenso voluntario , una guía para la fabricación o manufacturación, el consumo y para el público en general, está relacionada con los procesos

o procedimientos. Estas leyes están sujetas a una revisión periódica. Dentro de las instituciones que se involucran en el consenso de las normas que tienen que ver con los fotocontroles se encuentran la Asociación Nacional de Manufactura Eléctrica (NEMA, por sus siglas en inglés).

2.3.2. Tipos de Fotocontroles según su fabricación:

Según García T.(2006) los fotocontroles o fotoceldas para lámparas de descarga de alta presión se pueden dividir por su manera de operar en:

2.3.2.1. Fotocontrol por sensor Fotoresistivo

El funcionamiento de este se basa en que posee un sensor fotoresistivo llamado fotoresistor, cuya característica es cambiar su resistencia eléctrica en función de la luz del ambiente que impacta en su superficie. Con la disminución de la luz del ambiente se produce mayor corriente a través del circuito, esto se aprovecha de dos formas:

2.3.2.2. Fotocontrol Electromagnético

Estos fotocontroles utilizan un relay como interruptor interno que se activa cuando ocurre la disminución de resistencia debido a la disminución de la luz del ambiente.

2.3.2.3. Fotocontrol Térmico

La disminución de la resistencia produce un aumento de corriente, lo que a su vez provoca una disipación de potencia, lo que genera un aumento de temperatura que actúa sobre un interruptor sensible al calor.

Estos fotocontroles poseen algunas desventajas que van desde desgaste de los componentes mecánicos, variaciones en sus características eléctricas que producen gastos de energía por el corrimiento de los tiempos de operación así mismo los cambios de tensión en el servicio eléctrico producen variaciones en los parámetros de funcionamiento.

2.3.2.4. Fotocontrol por comando electrónico

Estos fotocontroles utilizan un fototransistor como sensor de los cambios luminosos. Es más preciso debido a que posee un semiconductor. El fotocontrol recibe la luz solar, por medio del fototransistor que genera una corriente que activa los dispositivos electrónicos para activar el encendido de la lámpara.

Entre las ventajas resaltan que no existe desgaste de los componentes mecánicos, poseen mayor vida útil respecto a los fotocontroles de sensor fotoresistivo, no le afectan los cambios de temperatura y realizan un ahorro de energía en comparación a los fotocontroles térmicos.

2.3.2.5. Fotocontrol temporizado

Estos fotocontroles poseen un principio de funcionamiento similar al de los fotocontroles convencionales. La desconexión de la lámpara se produce en un tiempo el cual puede ser fijo o ajustable, este se lleva a cabo por un timer interno electrónico. Estos pueden estar en funcionamiento intercalado produciendo ahorros en la energía en la desconexión en horarios que no es requerida la capacidad instalada del alumbrado.

2.3.2.5.1. Con tiempos de desconexión fijo

El tiempo viene generalmente establecido por el fabricante, y cambian de estado después de 5 horas de la activación.

2.3.2.5.2. Con tiempo ajustable

Este tipo puede ser ajustado por el usuario y generalmente este oscila entre 1 y 8 horas.

2.3.3. Funcionamiento

El funcionamiento de un fotocontrol se basa en un sensor fotoeléctrico, este manda una señal a un detector que actúa sobre un interruptor para activar el circuito. Posee un circuito de retardo, el que se utiliza para evitar que el fotocontrol se active o desactive con variaciones luminosas transitorias. Dado el tiempo de retardo se activa el interruptor el que enciende la bombilla.

Cuando existen luces directas sobre el fotocontrol puede ocasionar que la lámpara no encienda, y que no active el interruptor,

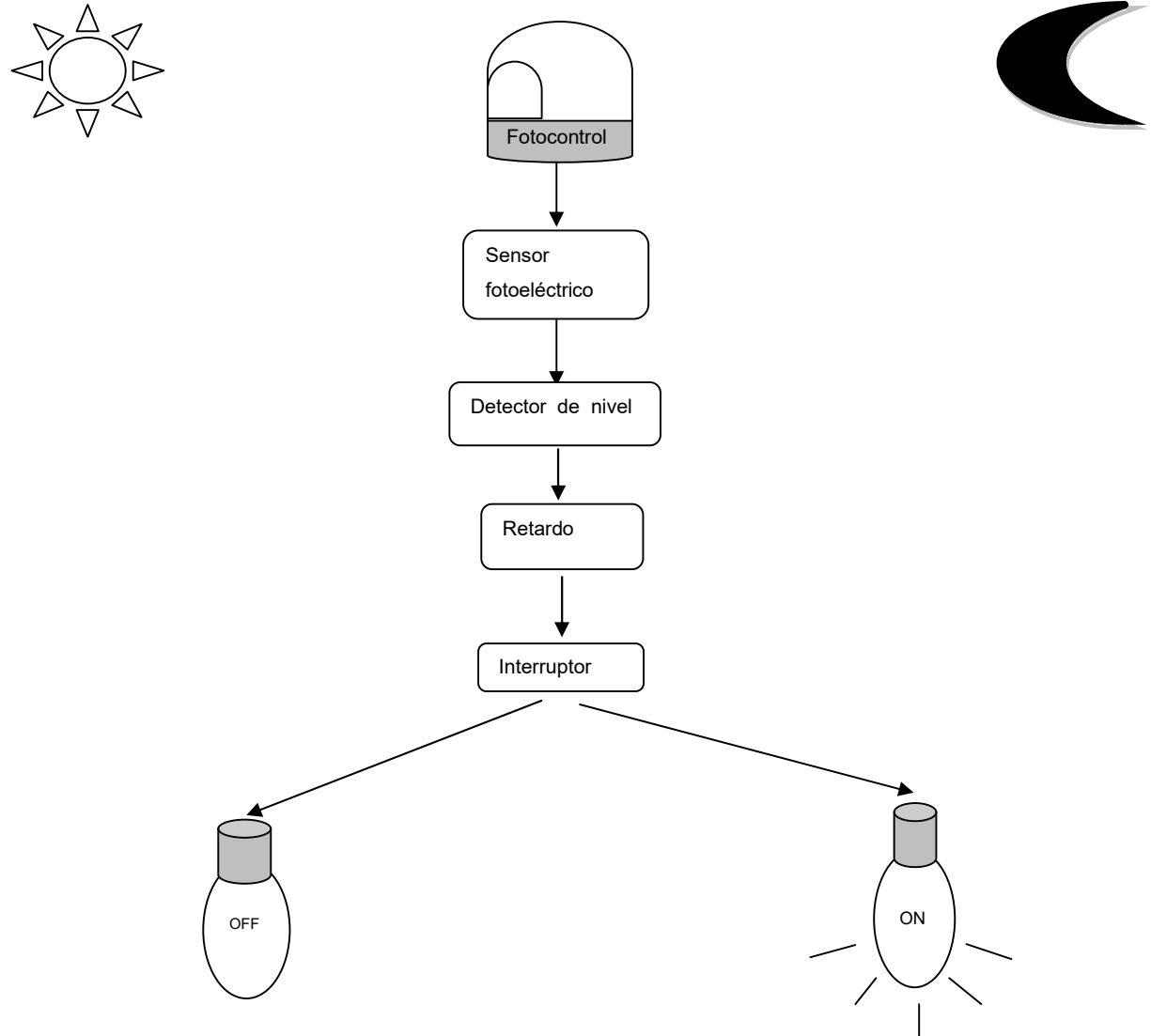
debido a que se mantiene en posición apagado. La orientación del fotocontrol debe estar de manera correcta para evitar que exista un funcionamiento intermitente de la bombilla o que permanezca encendida durante el día. La suciedad puede provocar que la ventanilla del sensor se obstaculice manteniendo la bombilla encendida, es decir en modo apagado la fotocelda.

El rango de temperatura para su operación según la hoja técnica de las diferentes marcas indica -40°C a 70°C y una humedad relativa de 98%.

La vida útil de las fotoceldas se encuentra entre los 5000 ciclos u operaciones (encendido /apagado), el tiempo de garantía varía según la marca ya que algunas poseen una garantía de 5 años cómo los fotocontroles Fisher- Pierce y otras de 13 años como las Sun- Tech.

Dentro de las especificaciones de operación se encuentra la potencia (P), el potencial eléctrico (V) los cuales son indispensables para el buen funcionamiento del fotocontrol.

Figura 1. **Funcionamiento básico de un fotocontrol**



Fuente: elaboración propia (2014).

2.4. Desechos en Guatemala

Los desechos en Guatemala como en cualquier país de América Latina, están directamente relacionados con el crecimiento poblacional,

ya que a mayor población mayor cantidad de desechos. En general, Guatemala es un país que se encuentra actualmente en un estado que requiere atención, si bien es cierto que el volumen de desechos generados está muy relacionado con la población; también influye el nivel educativo, el nivel económico de sus habitantes, ya que esto contribuye también al manejo que se le pueda dar a los desechos. El grado de conciencia de la población es un factor importante para esto.

Respecto a lo anterior aún no se tiene dentro de la recolección de residuos a nivel municipal, un mecanismo para facilitar la recolección de materiales como vidrio, latas entre otros. Materiales que son utilizados en la industria como materia prima para sus procesos. Es decir, aún Guatemala se encuentra muy lejos de tener una política integral que involucre todos los sectores.

El reciclaje aun se maneja como actividades individuales ya sea de personas o empresas que se dedican a esto como una fuente de ingreso, pero no como un aporte directo al medio ambiente.

2.4.1. Marco Legal

En el año 2001, se establece que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales es el encargado de proponer y estimular la política ambiental del país y el manejo de los desechos (Acuerdo Gubernativo 186-2001). Derivado de este, en el mismo año, se consolida el reglamento para el manejo de los desechos sólidos hospitalarios (Acuerdo Gubernativo 509-2001). En este se menciona lo referente a la gestión de los desechos, especificando desde la recolección,

clasificación, entre otros hasta la disposición final, indicando las responsabilidades de los generadores y las acciones que deben realizarse para llevar a cabo el manejo adecuado de estos desechos.

En el Código Municipal se indica que es de competencia municipal lo relacionado al manejo de los desechos sólidos. (Decreto del Congreso 12 -2002, Art 68).

En el año 2004, se crea la Comisión Nacional para el Manejo de los desechos sólidos (CONADES) (Acuerdo Gubernativo 234-2004). Esta comisión junto con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales son los encargados de regir y coordinar las acciones ambientales encaminadas a llevar a cabo la Política Nacional para el Manejo Integral de los residuos y desechos sólidos, la cual fue estipulada para llevarse a cabo en 10 años (Acuerdo gubernativo 111-2005). Sin embargo hasta el año 2013, fue aprobado el manual administrativo del CONADES. (Acuerdo Gubernativo 447-2013).

Por lo tanto, no existe una legislación específica para los desechos electrónicos que involucre la gestión integral y establezca las fuentes y las acciones correspondientes para su manejo.

2.5. Desechos alumbrado público

Zeceña (2013), menciona que los desechos generados en el alumbrado público pueden ser sólidos o líquidos. Los desechos pueden ser:

- Desechos electrónicos: presentes en la fotocelda, resistencias, capacitores, relés entre otros.

- Desechos metálicos: entre estos se pueden encontrar estaño, aluminio, hierro, mercurio, cobre.
- Desechos de polímeros: presentes en el cobertor de la fotocelda, aislantes, policarbonato presente en la pantalla de la lámpara.
- Otros desechos: vidrio, cuarzo, fibra de vidrio, cerámica, argón, germanio, silicio, sodio, fósforo, carbón, esponja.
- Desechos líquidos: específicamente mercurio presente en las lámparas.

2.6. Desechos electrónicos

2.6.1. Definición

En el año 2009 Widmer, Krapf, Sinha-Khetriwal, Schnellmann, Boeni, indican que una definición de desecho electrónico puede ser todos aquellos aparatos eléctricos o electrónicos que ya no son útiles para sus dueños, y se refieren a ellos como “RAEE” (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos) y “RE” como sinónimos, según la Directiva RAEE de la Unión Europea.

2.6.2. Clasificación

En el año 2004, la clasificación realizada por la “Ordenanza para el Retorno, Recogida y Eliminación de Aparatos Eléctricos y Electrónicos” fue enmendada para adaptarse a la definición de la junta directiva de la UE(2004).

Tabla I. Categorías de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), según la Directiva de la Unión Europea (UE) sobre RAEE (EU 2002 a)

No.	Categoría	Etiqueta
1	Grandes electrodomésticos	Grandes ED (Large HH)
2	Pequeños electrodomésticos	Pequeños ED (Small HH)
3	Equipos de informática y telecomunicaciones	TIC (ICT)
4	Aparatos eléctricos de consumo	AEC (CE)
5	Aparatos de alumbrado	Alumbrado (Lighting)
6	Herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales fijas de gran envergadura)	Herr. E & E (E & E tools)
7	Juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre	Juguetes (Toys)
8	Aparatos médicos (con excepción de todos los productos implantados o infectados)	Eq. Médico (Medical equipment)
9	Instrumentos de vigilancia y control	V & C (M & C)
10	Máquinas expendedoras	Expendedora (dispensers)

Fuente: Widmer, et al(2009) (Introducción general: Perspectivas globales sobre residuos electrónicos).Gestión de Residuos Electrónicos en América Latina.

Tabla II. **Iniciativas que abordan los temas de los residuos de aparatos electrónicos y eléctricos desde distintas perspectivas**

No.	Iniciativa	Descripción
1	Convenio de Basilea y Prohibición de Basilea	Acuerdo Global que regula los traslados de residuos peligrosos, incluyendo los RAEE, entre países, en aplicación desde 1992. No obstante, la Enmienda al Convenio, conocida comúnmente como la Prohibición de Basilea, que prohíbe la exportación de residuos peligrosos desde los países de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) a otros países, todavía no está vigente.
2	Iniciativa STEP (Short-term European Paper)	Es una iniciativa liderada por la Organización de Naciones Unidas(ONU), comenzó en 2004 en la Conferencia “ La Electrónica se Hace Verde” en Berlín, a fin de construir una plataforma internacional para el intercambio y desarrollo del conocimiento sobre los sistemas de RAEE entre los países, de manera de incrementar y coordinar los esfuerzos realizados en todo el mundo en torno a la cadena de suministro inversa (StEP 2005)
3	Red de Acción de Basilea (BAN), Coalición de Silicon Valley contra las Sustancias Tóxicas y campaña de recolección de computadoras	Una red de organizaciones no gubernamentales (ONG) en Estados Unidos que trabaja en conjunto en temas de RAEE, incluyendo acción internacional en apoyo a la Prohibición de Basilea, eventos nacionales de recolección y reciclaje, e investigaciones para promover soluciones nacionales al manejo de residuos peligrosos.
4	Foro RAEE	Fundado en 2002, el Foro RAEE es un grupo de representantes de sistemas colectivos voluntarios de recolección en Europa, que se ocupa de la responsabilidad individual de los productores en Europa.
5	Iniciativa Nacional de Administración de Productos Electrónicos (National Electronics Product Steward ship Initiative, NEPSI)	Diálogo multi-actores orientado a desarrollar el marco de un sistema nacional de gestión de RAEE en Estados Unidos. Este diálogo incluye representantes de los fabricantes de productos electrónicos, los comerciantes, los gobiernos estatales y locales, recicladores, grupos ambientalistas, y otros.
6	Administración de Productos Electrónicos- Canadá (Electronics Product Steward ship Canada – EPS Canada)	Organización creada para trabajar tanto con la industria como con el gobierno para desarrollar una solución flexible y viable para Canadá. Liderada por la industria, los fundadores de esta organización son 16 importantes fabricantes de productos electrónicos
7	Plataforma Europea de Reciclaje (European Recycling Platform, ERP)	Establecida a fines de 2002 por Hewlett Packard, Sony, Brau y Electrolux para capacitar a los productores en el cumplimiento de las directivas RAEE. Apunta a evaluar, planificar y operar una plataforma pan-europea para el reciclaje y servicios de gestión de residuos.
8	Programa de RE Seco/ EMPA	Un proyecto iniciado en 2003 por Seco (Ministerio de Asuntos Económicos, Suiza) e implementado por EMPA (Laboratorios Federales Suizos para Prueba e Investigación de Materiales) en cooperación con diversos asociados y autoridades locales, para evaluar y mejorar los sistemas de reciclaje de RAEE en diferentes partes del mundo a través m del análisis de los sistemas y el intercambio de conocimientos sobre técnicas y marcos de reciclaje.

Fuente: Widmer, et al(2009) (Introducción general: Perspectivas globales sobre residuos electrónicos).Gestión de Residuos Electrónicos en América Latina.

2.7. Reciclaje

Como lo indica Prince (2009), reciclaje comprende el aplicar un proceso reusando los materiales que comprenden metales, plásticos entre otros aunque en algunos casos pueden quedar restos de elementos que pueden ser tóxicos.

Como lo afirman Boeni, Silva Ott, (2009), el reciclaje de los RAEE es una actividad con un alto grado de informalidad, en la recolección, ya que no existe un plan financiero en la gran mayoría de países de América Latina, que se encargue de esta actividad.

Fernández (2009), menciona que dentro de las actividades para valorizar los residuos electrónicos se puede realizar una remanufactura donde se puede utilizar las piezas o partes. Así mismo indica que se puede reciclar o recuperar las materias primas desmontando y dándole la valorización correspondiente a los componentes para utilizarlos como insumos y por último la valorización energética aprovechando su poder calorífico para producir energía.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de estudio

Este correspondió en un estudio descriptivo en la primera etapa, que sirvió para establecer los lineamientos para el manejo de los desechos sólidos de las fotoceldas utilizadas en el alumbrado público. Las variables fueron cuantitativas y cualitativas. Por lo que fue un estudio mixto y comprendió de las siguientes fases: preliminar de gabinete, de campo, de laboratorio, final gabinete.

3.2. Variables independientes

Tabla III. Variables independientes

No.	Variables Independientes	Tipo
1	Tipo de mecanismo de la Fotocelda	Categórica
2	Condición de la Fotocelda	Categórica

Fuente: elaboración propia (2014).

3.3. Variables dependientes

Tabla IV. Variables dependientes

No.	Variables Dependientes	Unidad	Tipo
1	Masa de Fotocelda	Gramos	Númerica
2	Cantidad de Componentes Presentes	-----	Númerica
3	Materiales presentes en los componentes	-----	Categórica
4	Masa de Componentes	Gramos	Numérica
5	Clasificación de los componentes por su toxicidad	-----	Categórica
6	Porcentaje en masa de los componentes en la Fotocelda	% m/m	Numérica

Fuente: elaboración propia (2014).

3.4. Fase preliminar de gabinete

- Revisión de documentación existente: Trabajos realizados en el tema de alumbrado público, investigaciones con relación a los desechos provenientes del alumbrado público. Perfil ambiental de Guatemala, manejo de los desechos en Guatemala.
- Investigación sobre el tratamiento de desechos electrónicos en Guatemala y a nivel internacional.
- Se visitó algunas municipalidades para saber qué manejo se le da a los desechos de alumbrado público.

3.5. Fase de campo

- Se visitó algunas municipalidades y empresas privadas que poseían lámparas de alta presión, así solicitar fotoceldas para la realización del estudio.
- Se utilizó un tamaño de muestra probabilística, para una población de tamaño desconocida.
- Se recolectó la cantidad de fotoceldas de acuerdo al tamaño de muestra en las municipalidades y empresas privadas.
- Se revisó el inventario nacional de luminarias instaladas y desinstaladas.
- Se diseñó los instrumentos de tabulación y procesamiento de la información, con información como marca de fotocelda, nombre de componente, masa de componente entre otros.

3.6. Fase de laboratorio

Esta fase fue realizada en el laboratorio de Química General, Escuela de Ciencias.

- Se identificó los componentes de las fotoceldas.

Se clasificó los componentes de las fotoceldas.

- Se obtuvo la masa media de las fotoceldas de la muestra con esto se pretende poder obtener una fracción de cada componente en la fotocelda.
- Se separó los componentes de las 20 fotoceldas.
- Se obtuvo la masa media de los componentes identificados para obtener la fracción en masa de cada uno en la fotocelda así como estimar la cantidad de cada material presente.
- Se investigó los componentes y el potencial de reutilización, reciclaje y valor de recuperación de cada uno en función de los materiales presentes.
- Se cuantificó los materiales que se puedan reciclar de la fotocelda.
- La información fue tabulada para facilitar el manejo de la información.

3.6.1. Tabulación de la información

Se utilizó los siguientes formatos de tabulación para colocar la información obtenida en la fase de laboratorio.

Tabla V. Información de la fotocelda

No.	Marca	Condición	Masa Total
1			
2			
⋮			
20			

Fuente: elaboración propia (2014).

Tabla VI. **Identificación y clasificación de componentes de las fotoceldas**

No	Fotocelda n.____		Clasificación del Componente por su Toxicidad		
	Componente	Masa (g)	Materiales Presentes	Tóxico	No Tóxico
1					
2					
⋮					
N					

Fuente: elaboración propia (2014).

3.7. Fase final de gabinete

Con los datos recopilados en las fases de campo y laboratorio más útiles para la evaluación e interpretación, se agrupó los datos obtenidos en tablas y gráficas para interpretarlos y se evaluó el potencial de reciclaje de los materiales presentes en las fotoceldas.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Tabla VII. Masa media (\bar{m}) y porcentaje en masa (% m/m) con su dispersión (σ) y variabilidad (σ^2) para los componentes en la fotocelda marca A de sensor fotoresistivo-electromagnético. (A SFR-EM)

No.	Componentes	Masa Media (kg)	Desviación Estándar	Varianza	Porcentaje en masa (%m/m)
1	Cubierta	2.764E-02	1.924E-04	3.570E-08	29.702
2	Visor	1.047E-03	1.047E-04	1.278E-08	1.119
3	Base Negra	2.159E-02	1.644E-04	3.042E-08	23.198
4	Empaque	2.253E-04	4.704E-05	2.556E-09	0.235
5	Conector 1	1.569E-03	1.127E-05	9.433E-11	1.680
6	Conector 2	1.558E-03	1.120E-05	1.426E-10	1.668
7	Conector 3	2.318E-03	3.511E-05	1.233E-09	2.485
8	Bobina	1.796E-02	3.529E-04	1.297E-07	19.302
9	Sensor de luz	8.492E-04	2.964E-05	1.043E-09	0.906
10	Tornillo azul	4.270E-04	1.386E-05	2.044E-11	0.452
11	Tuerca	3.319E-04	5.613E-06	9.085E-12	0.350
12	Resistencia 1	9.851E-04	9.420E-06	1.042E-10	1.052
13	Condensador	1.772E-03	5.395E-05	2.205E-09	1.898
14	Resistencia 2	2.219E-04	9.582E-06	8.750E-11	0.232
15	Soporte 1	2.449E-04	1.346E-05	1.934E-10	0.256
16	Soporte 2	2.362E-04	1.662E-05	2.698E-10	0.247
17	Resorte Bobina	1.264E-04	3.780E-06	1.657E-11	0.129
18	Resorte Sujetador	1.266E-04	4.120E-05	0.000E+00	0.129
19	Base Metálica Bobina Plateada	5.918E-03	1.516E-05	2.747E-10	6.354
20	Tornillo mediano 1 sujetador	1.901E-04	3.976E-06	1.817E-11	0.198
21	Tornillo mediano 2 sujetador	1.929E-04	3.532E-06	1.390E-11	0.201
22	tornillo pequeño bobina	3.167E-04	1.873E-05	2.151E-10	0.334
23	Soldador	5.045E-04	1.328E-04	2.117E-08	0.536
24	Sujetador	2.094E-04	3.207E-06	5.100E-12	0.218
25	Base Bobina Dorada	2.039E-03	3.459E-05	1.342E-09	2.185
26	Soporte Bobina	2.496E-03	9.183E-06	9.537E-11	2.676
27	Alambre de Cobre Bobina	1.233E-04	5.317E-05	3.262E-09	0.126
28	Rendija Sensor	1.117E-03	1.470E-05	2.197E-10	1.193
29	Sujetador Bobina Base 1	2.104E-04	1.539E-05	1.963E-10	0.219
30	Sujetador Bobina Base 2	2.131E-04	1.941E-05	4.074E-10	0.222
31	Placa delgada de metal blando	2.503E-04	1.501E-05	2.564E-10	0.262
32	Pieza Soporte Bobina	2.313E-04	5.908E-06	4.177E-11	0.242
33	Masa Media Fotocelda	9.303E-02	1.055E+00	Total:	100.0
	Material embobinado (Cobre)	1.474E-02	3.529E-04	1.297E-07	15.846

Fuente: elaboración propia (2015).

Tabla VIII. Masa media (\bar{m}) y porcentaje en masa (% m/m) con su dispersión (σ) y variabilidad (σ^2) para los componentes en la fotocelda marca B de sensor fotoresistivo-electromagnético. (B SF-EM)

No.	Componentes	Masa Media (kg)	Desviación Estándar	Varianza	Porcentaje en masa (%m/m)
1	Cubierta	2.808E-02	3.761E-04	1.415E-07	29.819
2	Visor	1.039E-03	6.331E-05	4.009E-09	1.111
3	Base Negra	1.938E-02	7.001E-05	4.901E-09	20.580
4	Empaque	2.434E-04	9.098E-05	8.277E-09	0.266
5	Conector 1	1.528E-03	2.300E-05	5.291E-10	1.630
6	Conector 2	1.539E-03	1.705E-05	2.906E-10	1.642
7	Conector 3	2.301E-03	3.389E-05	1.149E-09	2.450
8	Bobina	4.646E-02	3.540E-04	1.253E-07	18.616
9	Sensor de luz	8.851E-04	9.978E-06	9.955E-11	0.947
10	Tornillo 1	1.799E-04	6.005E-06	3.606E-11	0.198
11	Tuerca	3.268E-04	7.704E-06	5.936E-11	0.354
12	Resistencia	1.011E-03	1.206E-05	1.454E-10	1.080
13	Condensador	1.733E-03	7.899E-05	6.239E-09	1.847
14	Soporte 1	1.157E-03	1.727E-05	2.983E-10	1.236
15	Soporte 2	1.981E-03	2.484E-05	6.168E-10	2.110
16	Resorte Bobina	1.293E-04	1.185E-05	1.405E-10	0.144
17	Resorte Sujetador	1.004E-04	1.685E-06	2.839E-12	0.114
18	Base Metálica Bobina Plateada	5.203E-03	1.864E-03	3.475E-06	5.532
19	Tornillo 2	1.784E-04	9.635E-06	9.284E-11	0.196
20	Tornillo 3	1.753E-04	5.505E-06	3.030E-11	0.193
21	Tornillo pequeño	3.005E-04	1.773E-06	3.143E-12	0.326
22	Soldador	3.420E-04	1.397E-04	1.952E-08	0.370
23	Sujetador	2.359E-04	1.885E-06	3.554E-12	0.258
24	Base Bobina Dorada	2.059E-03	2.149E-05	4.616E-10	2.193
25	Soporte Bobina	2.494E-03	1.395E-05	1.945E-10	2.655
26	Conector Fotocelda Condensador	5.809E-04	1.236E-05	1.527E-10	0.624
27	Alambre de Cobre Bobina	1.248E-04	5.109E-05	2.610E-09	0.140
28	Rendija Sensor	8.418E-04	1.358E-05	1.845E-10	0.901
29	Sujetador Bobina Base 1	1.881E-04	1.136E-05	1.290E-10	0.207
30	Sujetador Bobina Base 2	1.824E-04	7.347E-06	5.398E-11	0.201
31	Placa delgada de metal blando	2.599E-04	3.682E-06	1.355E-11	0.283
32	Pieza Soporte Bobina	2.296E-04	6.927E-06	4.798E-11	0.251
33	Base Sensor de Luz	1.427E-03	1.689E-05	2.852E-10	1.522
	Masa Media Fotocelda	9.418E-02	1.289E+00	Total: 100.0	
	Material embobinado (Cobre)	1.338E-02	3.540E-04	1.253E-07	14.236

Fuente: elaboración propia (2015).

Tabla IX. Masa media (\bar{m}) y porcentaje en masa (% m/m) de los componentes en la fotocelda marca C de fototransistor con comando electrónico. (C FT- CE)

No.	Componentes	Masa (kg)	Porcentaje en masa (%m/m)
1	Cubierta	2.382E-02	31.323
2	Visor	1.082E-03	1.431
3	Base Negra	1.630E-02	21.435
4	Empaque	1.637E-04	0.224
5	Conector 1	2.072E-03	2.733
6	Conector 2	2.064E-03	2.723
7	Conector 3	2.744E-03	3.617
8	Circuito impreso	7.530E-03	9.908
9	Relé	9.736E-03	12.808
10	Condensador 1	2.295E-03	3.026
11	Condensador 2	2.160E-03	2.849
12	Condensador 3	2.198E-03	2.899
13	Capacitor 1	3.660E-04	0.490
14	Capacitor 2	3.460E-04	0.464
15	Capacitor 3	3.670E-04	0.492
16	Circuito integrado	5.110E-04	0.681
17	Diodo pequeño 1	6.500E-05	0.095
18	Diodo mediano 2	1.300E-04	0.180
19	Diodo mediano negro 1	1.260E-04	0.175
20	Diodo negro 2	1.260E-04	0.175
21	Sensor de luz	7.600E-05	0.109
22	Resistencia 1	9.100E-05	0.129
23	Resistencia 2	9.500E-05	0.134
24	Resistencia 3	9.500E-05	0.134
25	Resistencia 4	1.010E-04	0.142
26	Resistencia 5	9.600E-05	0.135
27	Resistencia 6	9.600E-05	0.135
28	Resistencia 7	9.800E-05	0.138
29	Resistencia 8	9.500E-05	0.134
30	Resistencia 9	9.800E-05	0.138
31	Resistencia 10	9.400E-05	0.133
32	Resistencia 11	9.500E-05	0.134
33	Resistencia 12	9.600E-05	0.135
34	Resistencia 13	9.500E-05	0.134
35	Diodo pequeño 2	6.400E-05	0.093
36	Resistencia grande	2.300E-04	0.312
	Masa Fotocelda	7.607E-02	Total: 100.00

Fuente: elaboración propia (2015).

Tabla X. Masa (m) y porcentaje en masa ($\% m/m$) de los componentes en la fotocelda marca D de sensor fotoresistivo con comando electrónico. (D SFR- CE)

No.	Componentes	Masa (kg)	Porcentaje en masa (%m/m)
1	Cubierta	2.235E-02	28.557
2	Visor	1.073E-03	1.428
3	Base Negra	1.412E-02	18.068
4	Empaque	2.160E-04	0.334
5	Conector 1	2.068E-03	2.696
6	Conector 2	2.117E-03	2.759
7	Conector 3	2.793E-03	3.621
8	Circuito impreso	7.277E-03	9.340
9	Relé	9.817E-03	12.579
10	Condensador 1	6.461E-03	8.299
11	Condensador 2	3.828E-03	4.941
12	Capacitor 1	5.520E-04	0.763
13	Capacitor 2	3.260E-04	0.475
14	Capacitor 3	5.140E-04	0.715
15	Circuito integrado	5.040E-04	0.702
16	Diodo negro 1	1.500E-04	0.250
17	Diodo negro 2	1.550E-04	0.257
18	Diodo naranja mediano 1	1.610E-04	0.264
19	Diodo pequeño 1	5.800E-05	0.133
20	Sensor de luz	5.980E-04	0.822
21	Resistencia 1	1.000E-04	0.187
22	Resistencia 2	1.000E-04	0.187
23	Resistencia 3	9.900E-05	0.185
24	Resistencia 4	9.400E-05	0.179
25	Resistencia 5	1.040E-04	0.192
26	Resistencia 6	9.800E-05	0.184
27	Resistencia 7	1.040E-04	0.192
28	Resistencia 8	9.300E-05	0.178
29	Resistencia 9	1.110E-04	0.201
30	Resistencia 10	1.010E-04	0.188
31	Resistencia 11	9.900E-05	0.185
32	Resistencia 12	1.010E-04	0.188
33	Resistencia mediana 1	2.470E-04	0.374
34	Resistencia mediana 2	2.350E-04	0.359
	Masa Fotocelda	7.841E-02	Total: 100.0

Fuente: elaboración propia (2015).

Tabla XI. Masa media (\bar{m}) y porcentaje en masa (% m/m) con su dispersión (σ) y variabilidad (σ^2) para los componentes en la fotocelda marca E de fototransistor con comando electrónico. (E FT-CE)

No.	Componentes	Masa Media (kg)	Desviación Estándar	Varianza	Porcentaje en masa (%m/m)
1	Cubierta	2.085E-02	3.084E-03	9.512E-06	32.787
2	Visor	1.626E-03	1.108E-05	1.227E-10	2.575
3	Base Negra	8.648E-03	2.616E-05	6.845E-10	13.611
4	Empaque	7.840E-04	5.374E-05	2.888E-09	1.252
5	Conector 1	1.904E-03	7.071E-07	5.000E-13	3.011
6	Conector 2	1.920E-03	5.303E-05	2.813E-09	3.036
7	Conector 3	2.591E-03	7.283E-05	5.304E-09	4.091
8	Circuito impreso	7.187E-03	2.616E-05	6.845E-10	11.314
9	Relé	7.650E-03	4.398E-04	1.934E-07	12.043
10	Condensador 1	2.403E-03	1.435E-04	2.060E-08	3.796
11	Condensador 2	2.675E-03	7.283E-05	5.305E-09	4.223
12	Resistencia gris	8.870E-04	1.414E-06	2.000E-12	1.414
13	Capacitor	3.540E-04	0.000E+00	0.000E+00	0.576
14	Diodo negro 1	1.215E-04	2.121E-06	4.500E-12	0.211
15	Diodo negro 2	1.225E-04	7.071E-07	5.000E-13	0.212
16	Circuito integrado	4.700E-04	2.828E-06	8.000E-12	0.758
17	Diodo negro pequeño 1	1.165E-04	1.202E-05	1.445E-10	0.203
18	Diodo negro 4	1.230E-04	2.828E-06	8.000E-12	0.213
19	Diodo negro 3	1.230E-04	1.414E-06	2.000E-12	0.213
20	Sensor de luz	7.050E-05	7.071E-07	5.000E-13	0.131
21	Resistencia 1	8.700E-05	1.414E-06	2.000E-12	0.156
22	Resistencia 2	8.700E-05	1.414E-06	2.000E-12	0.156
23	Resistencia 3	8.650E-05	2.121E-06	4.500E-12	0.156
24	Resistencia 4	8.750E-05	7.071E-07	5.000E-13	0.157
25	Resistencia 5	8.700E-05	0.000E+00	0.000E+00	0.156
26	Diodo naranja 1	1.340E-04	4.243E-06	1.800E-11	0.230
27	Diodo naranja 2	1.345E-04	4.950E-06	2.450E-11	0.231
28	Tornillos cubierta	1.95E -03	6.6067E-7	0.000E+00	3.084
29	Masa Media Fotocelda	6.363E-02	3.289E+00		Total 100.00

Fuente: elaboración propia (2015).

Tabla XII. **Masa (m) y porcentaje en masa ($\% m/m$) de los componentes en la fotocelda marca B de fototransistor con comando electrónico. (B FT-CE)**

No.	Componentes	Masa (kg)	Porcentaje en masa (%m/m)
1	Cubierta	2.641E-02	28.829
2	Visor	1.104E-03	1.230
3	Base Negra	2.647E-02	28.895
4	Empaque	1.970E-04	0.241
5	Conector 1	2.238E-03	2.467
6	Conector 2	2.206E-03	2.432
7	Conector 3	2.862E-03	3.148
8	Circuito impreso	8.603E-03	9.408
9	Relé	8.874E-03	9.704
10	Condensador 1	5.090E-03	5.577
11	Condensador 2	2.542E-03	2.799
12	Resistencia gris grande	9.820E-04	1.097
13	Condensador pequeño	1.290E-04	0.167
14	Diodo negro mediano	3.480E-04	0.406
15	Diodo pequeño naranja 1	5.300E-05	0.084
16	Diodo pequeño naranja 2	5.200E-05	0.083
17	Capacitor negro 1	5.980E-04	0.679
18	Capacitor negro 2	5.880E-04	0.668
19	Circuito integrado 1	4.770E-04	0.547
20	Circuito integrado 2	3.330E-04	0.390
21	Diodo negro pequeño 1	1.270E-04	0.165
22	Diodo negro pequeño 2	1.300E-04	0.168
23	Diodo negro pequeño 3	1.290E-04	0.167
24	Diodo negro pequeño 4	1.310E-04	0.169
25	Sensor de luz	1.000E-04	0.136
26	Resistencia 1	8.100E-05	0.115
27	Resistencia 2	8.100E-05	0.115
28	Resistencia 3	8.000E-05	0.114
29	Masa Fotocelda	9.170E-02	Total : 100.00

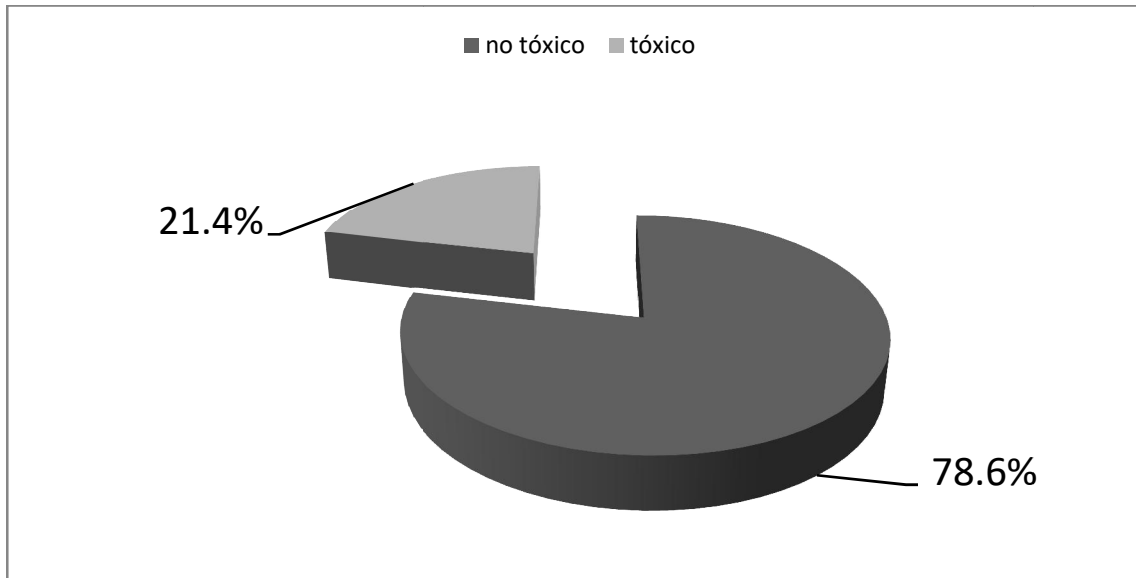
Fuente: elaboración propia (2015).

Tabla XIII. **Materiales presentes en los componentes de las fotoceldas de sensor fotoresistivo-electromagnético y su clasificación tóxicos y no tóxicos**

Componentes	Materiales	Tóxico	No Tóxico
Cubierta	Polipropileno		X
Visor	Polímero de metil metacrilato (acrílico)		X
Base Negra	Polipropileno		X
Empaque	Poliétileno		X
Conector	Bronce		X
Bobina	Baquelita		X
	Cobre Metálico		X
Sensor de luz	Vidrio, cerámico, Baquelita		X
	Sulfuro de Cadmio	X	
	Resina Sintética Transparente		X
	Cobre Metálico recubierto		X
Resistencia de película de carbón	Carbón		X
	Cerámico		X
	Cobre Metálico Recubierto		X
Resistencia de película de metal	Níquel		X
	Cerámica		X
	Cromo	X	
	Cobre Metálico Recubierto		X
Condensador	Cerámico		X
	Película Metálica		X
	Cobre Metálico Recubierto		X
Soportes, Base, Soporte y Sujetador de Bobina, Rendija de Sensor	Metales no magnéticos		X
Resorte Bobina, Bases	Metales Magnéticos		X
Tornillos, resortes, sujetadores	Acero		X
Soldador	Aleación estaño plomo	X	X

Fuente: elaboración propia (2015).

Figura 2. **Porcentaje de componentes con materiales tóxicos y no tóxicos en las fotoceldas de sensor fotoresistivo-electromagnético**



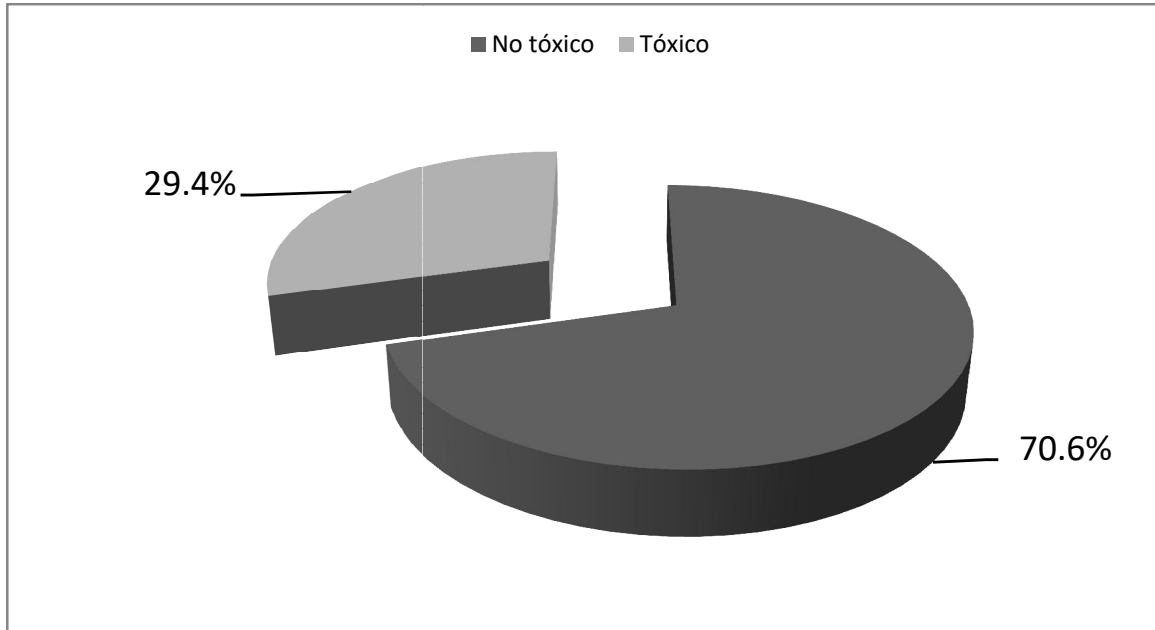
Fuente: elaboración propia (2016).

Tabla XIV. **Materiales presentes en los componentes de las fotoceldas de comando electrónico y su clasificación tóxicos y no tóxicos**

Componente	Materiales	Tóxico	No tóxico
Cubierta	Polipropileno		X
Visor	Polímero de metil metacrilato (acrílico)		X
Base Negra	Acrilonitrilo butadieno Estireno		X
	Polipropileno		X
Empaque	Polietileno		X
	Neopreno		X
Conector	latón		X
	Bronce		X
Circuito impreso	Baquelita		X
	Cobre Metálico		X
	Fibra de Vidrio		X
	Aleación Estaño plomo	X	
Relé	Dióxido de estaño		X
	Cobre Metálico		x
	Aleación de Plata		X
	Polímero		X
	Óxido de cadmio	x	
Condensador Cerámico	Tungsteno		X
	Cerámico		X
Condensador de Poliéster	Dieléctrico		X
	Poliéster		X
Capacitor	Aluminio		X
	Tantalio		X
	Polímero		X
Circuito integrado	Silicio		X
	Arseniuro de Galio	X	
	Polímero		X
Diodo	Silicio		X
	Germanio		X
sensor de luz	Vidrio		X
	Cerámico		X
	Baquelita		X
	Sulfuro de Cadmio	X	
sensor de luz	Resina Sintética Transparente		X
	Silicio		X
Resistencia de película de Carbón	Base epóxica		X
	Carbón		X
Resistencia de película de metal	Cerámico		X
	Níquel		X
	Cromo	X	
Terminales	Cerámico		X
	Cobre Metálico Recubierto		X

Fuente: elaboración propia (2015).

Figura 3. **Porcentaje de componentes con materiales tóxicos y no tóxicos en las fotoceldas de comando electrónico**



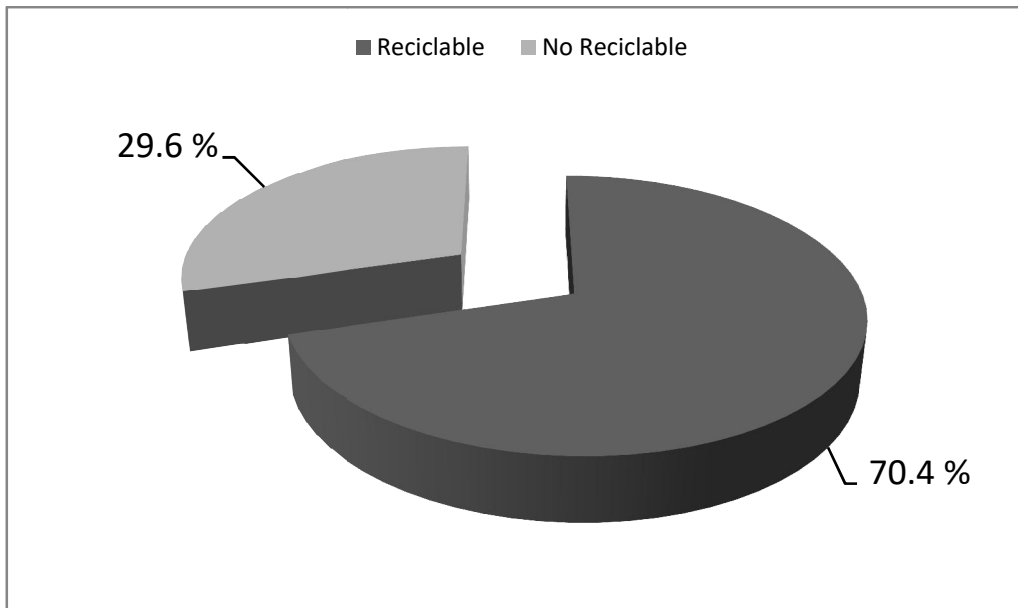
Fuente: elaboración propia (2016).

Tabla XV. **Materiales reciclables y no reciclables en los componentes de las fotoceldas**

Materiales	Reciclable	No Reciclable
Polipropileno	X	
Polielileno	X	
Polímero de metil metacrilato (acrílico)	X	
Acrilonitrilo Butadieno Estireno	X	
Neopreno	X	
Bronce	X	
Latón	X	
Cobre	X	
Acero	X	
Aleación Estaño Plomo	X	
Metales No Férreos	X	
Metales Férreos	X	
Baquelita		X
Arseniuro de Galio		X
Fibra de Vidrio		X
Tantalio	X	
Silicio	X	
Germanio	X	
Cerámico		X
Sulfuro de Cadmio		X
Resina Epóxica		X
Poliéster	X	
Aluminio	X	
Dióxido de Estaño		X
Aleación de Plata	X	
Óxido de Cadmio		X
Tungsteno	X	

Fuente: elaboración propia (2016).

Figura 4. **Porcentaje de materiales reciclables y no reciclables en las fotoceldas.**



Fuente: elaboración propia (2016).

Tabla XVI. **Porcentaje en masa (% m/m) de componentes con materiales con valor de reciclaje en las fotoceldas de sensor fotoresistivo– electromagnético**

Materiales	Porcentaje en masa (% m/m)	Porcentaje en masa (% m/m)
Polipropileno	52.900	50.399
Polietileno	0.235	0.266
Polímero de metil metacrilato (acrílico)	1.119	1.111
Bronce	5.832	5.722
Cobre	15.846	14.236
Acero	1.534	1.526
Aleación Plomo Estaño	0.536	0.370
Metales no magnéticos	7.262	8.585
Metal magnético	7.073	9.387
Baquelita	3.456	4.38
Total	95.793	95.982
Marca de Fotocelda	A SFR-EM	B SFR- EM

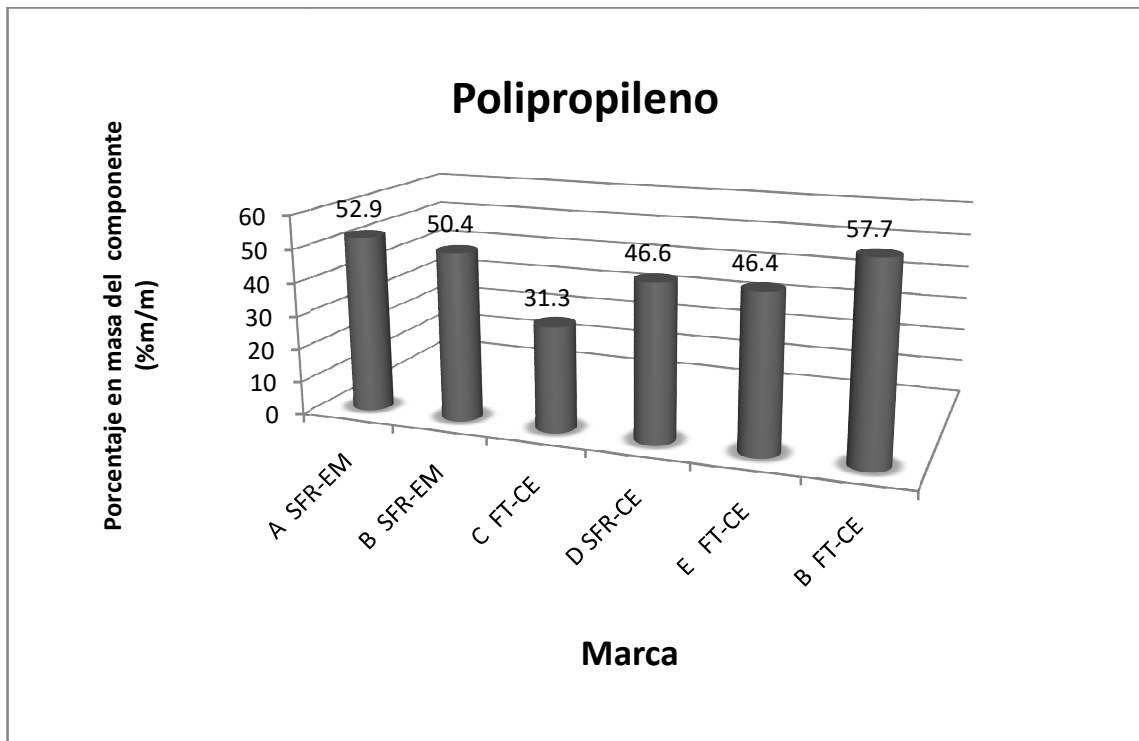
Fuente: elaboración propia (2016).

Tabla XVII. **Porcentaje en masa (% m/m) de componentes con materiales valor de reciclaje en las fotoceldas de fototransistor con comando electrónico**

Sustancias Presentes	Porcentaje en masa (% m/m)			
Polipropileno	57.724	31.323	46.625	46.398
Polietileno	0.241	0.224	0.334	1.252
Polímero de metil metacrilato (acrílico)	1.230	1.431	1.428	2.575
Acrilonitrilo Butadieno Estireno		21.435		
Latón		9.072		10.139
Neopreno				1.252
Bronce	8.047		9.076	
Relé: dióxido de Estaño, Aleación de Plata, Óxido de Cadmio, Polímero, Tungsteno y la mayor masa la representa el Cobre embobinado.	9.704	12.808	12.579	12.043
Total	76.946	76.293	70.042	73.659
Marca de Fotocelda	B FT-CE	C FT-CE	D SFR-CE	E FT-CE

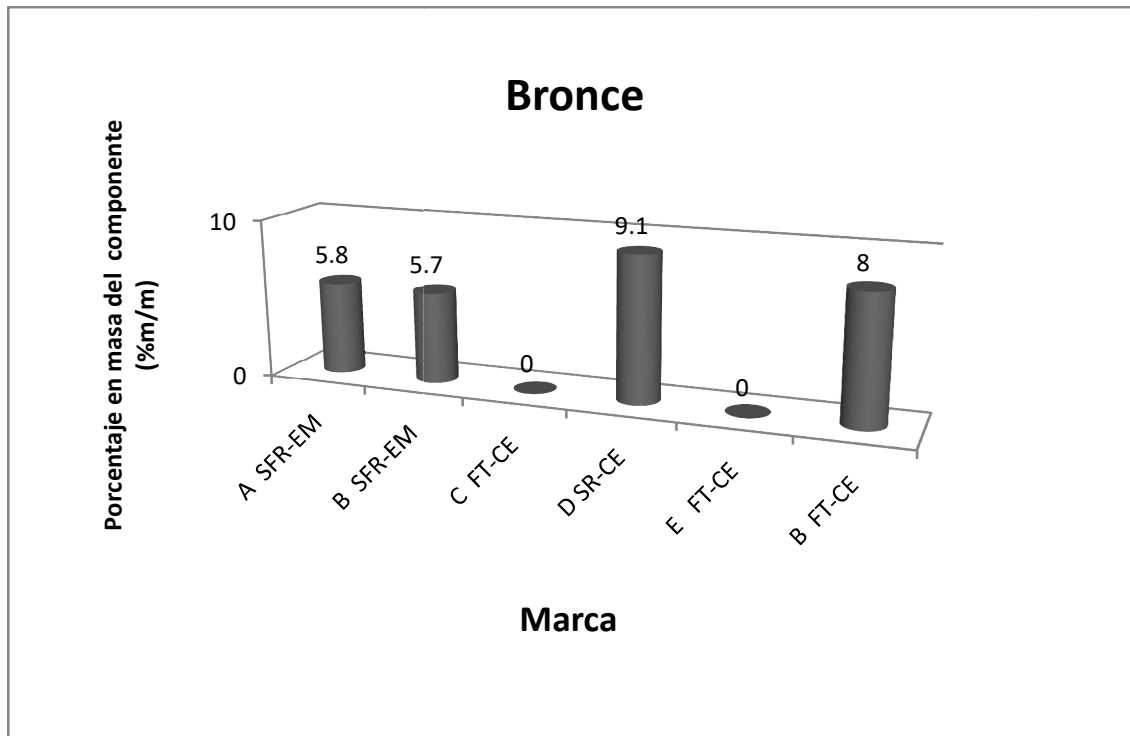
Fuente: elaboración propia (2016).

Figura 5. **Porcentaje en masa ($\% m/m$) de componentes que contienen polipropileno en las fotoceldas**



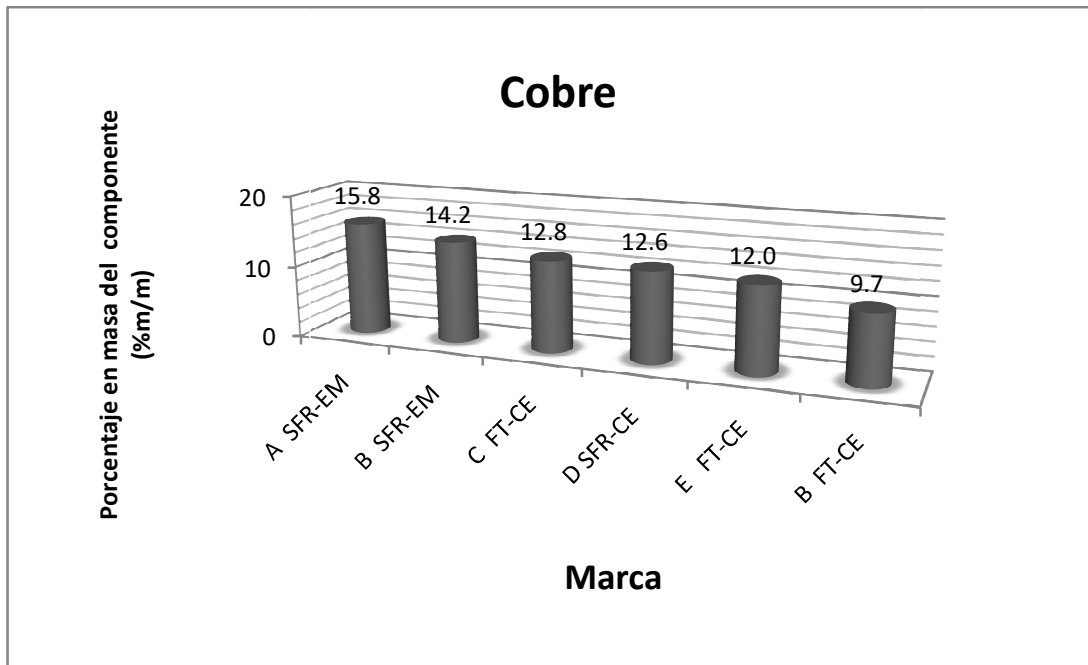
Fuente: elaboración propia (2016).

Figura 6. **Porcentaje en masa ($\% m/m$) de componentes que contienen bronce en las fotoceldas**



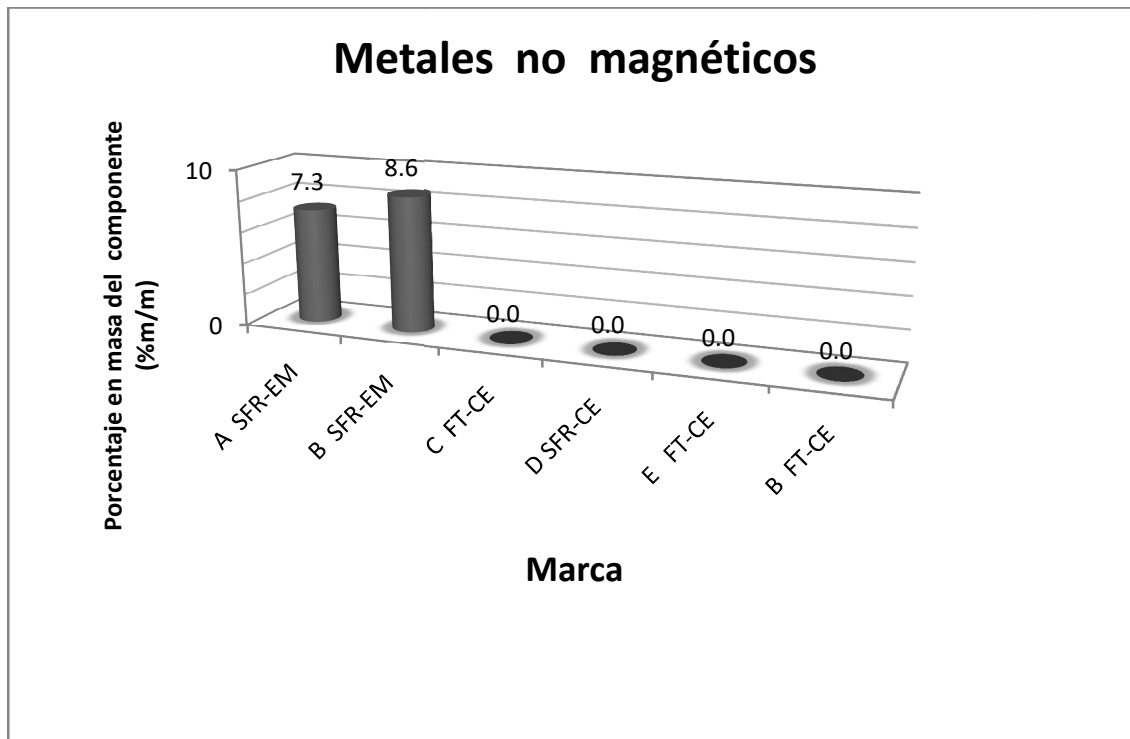
Fuente: elaboración propia (2016).

Figura 7. **Porcentaje en masa ($\% m/m$) de componentes que contienen cobre en las fotoceldas**



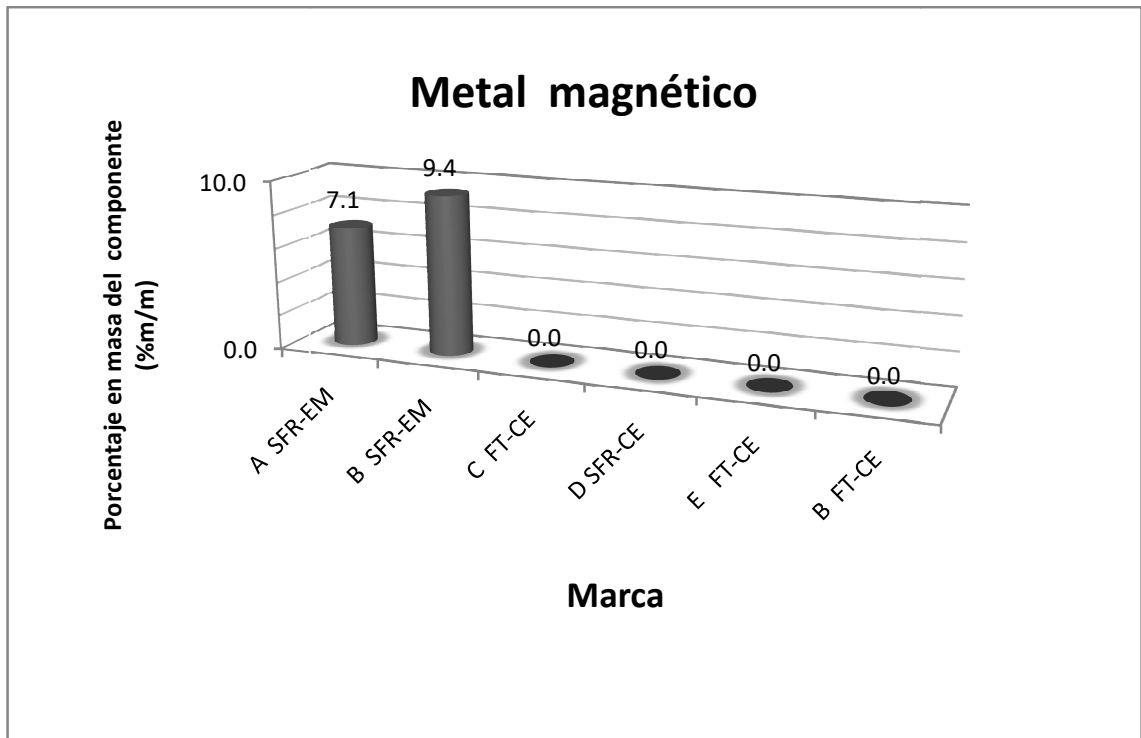
Fuente: elaboración propia (2016).

Figura 8. **Porcentaje en masa ($\% m/m$) de componentes que contienen metales no magnéticos sin incluir cobre, bronce y latón en las fotoceldas**



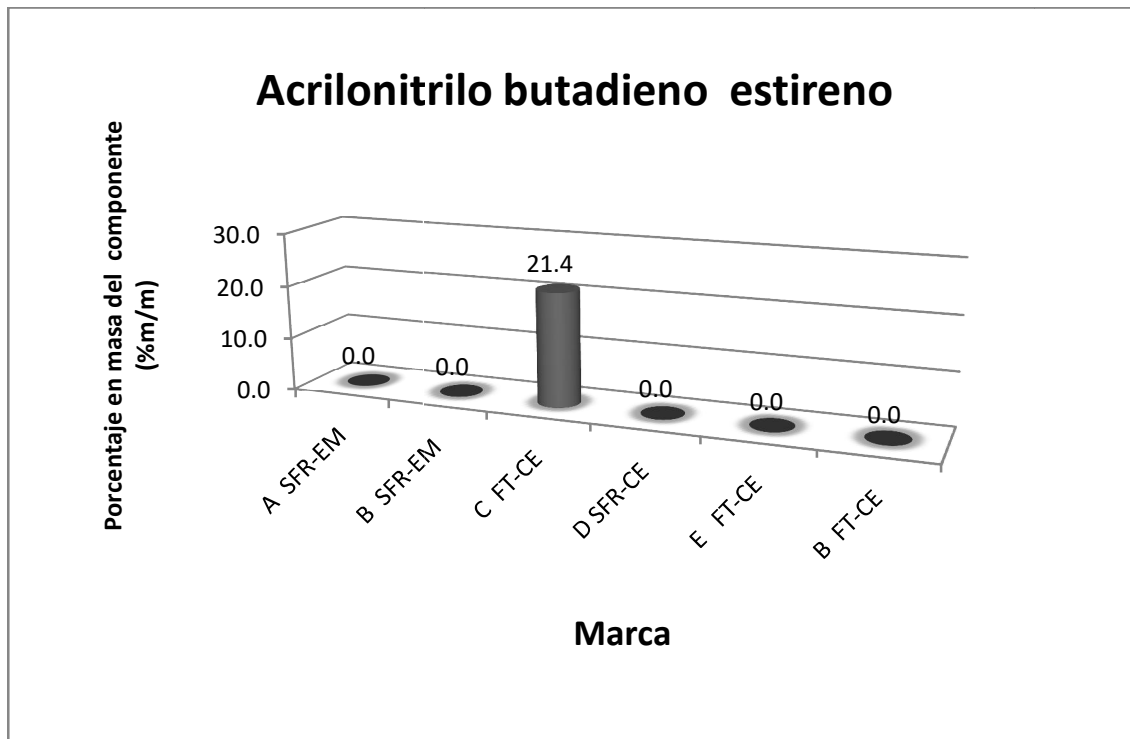
Fuente: elaboración propia (2016).

Figura 9. **Porcentaje en masa ($\% m/m$) de componentes que contienen metales magnéticos en las fotoceldas**



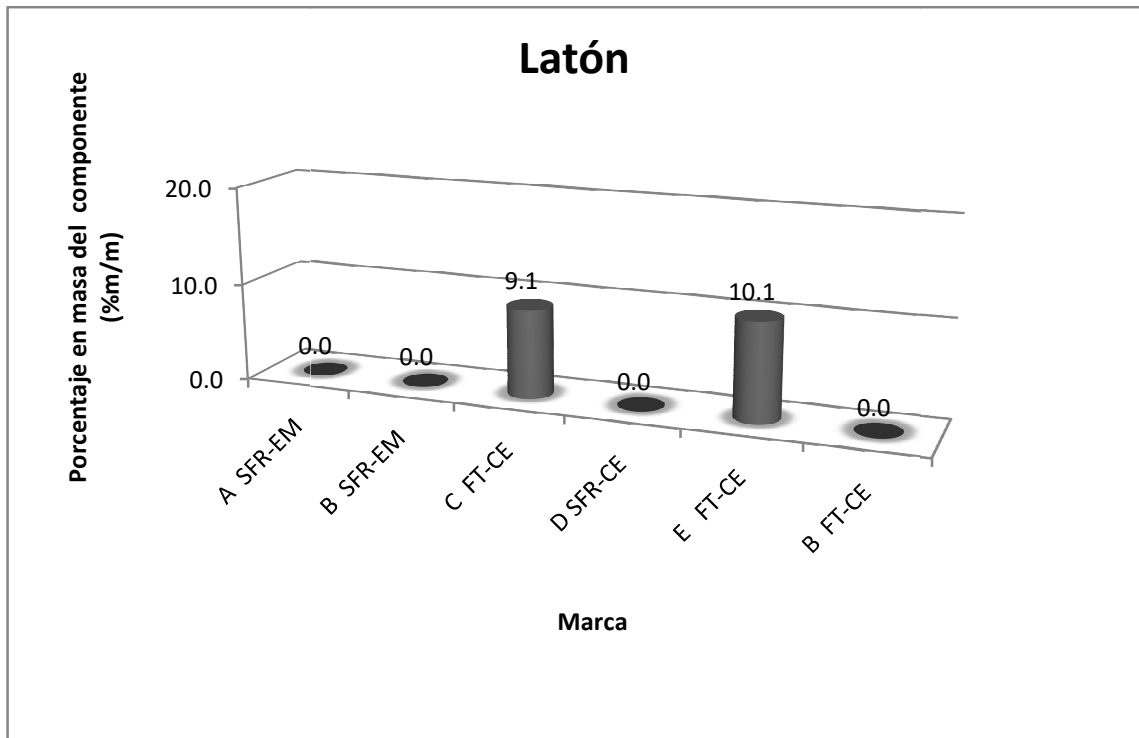
Fuente: elaboración propia (2016).

Figura 10. **Porcentaje en masa (% m/m) de componentes que contienen acrilonitrilo butadieno estireno en las fotoceldas utilizadas**



Fuente: elaboración propia (2016).

Figura 11. **Porcentaje en masa ($\% m/m$) de componentes que contienen latón en las fotoceldas**



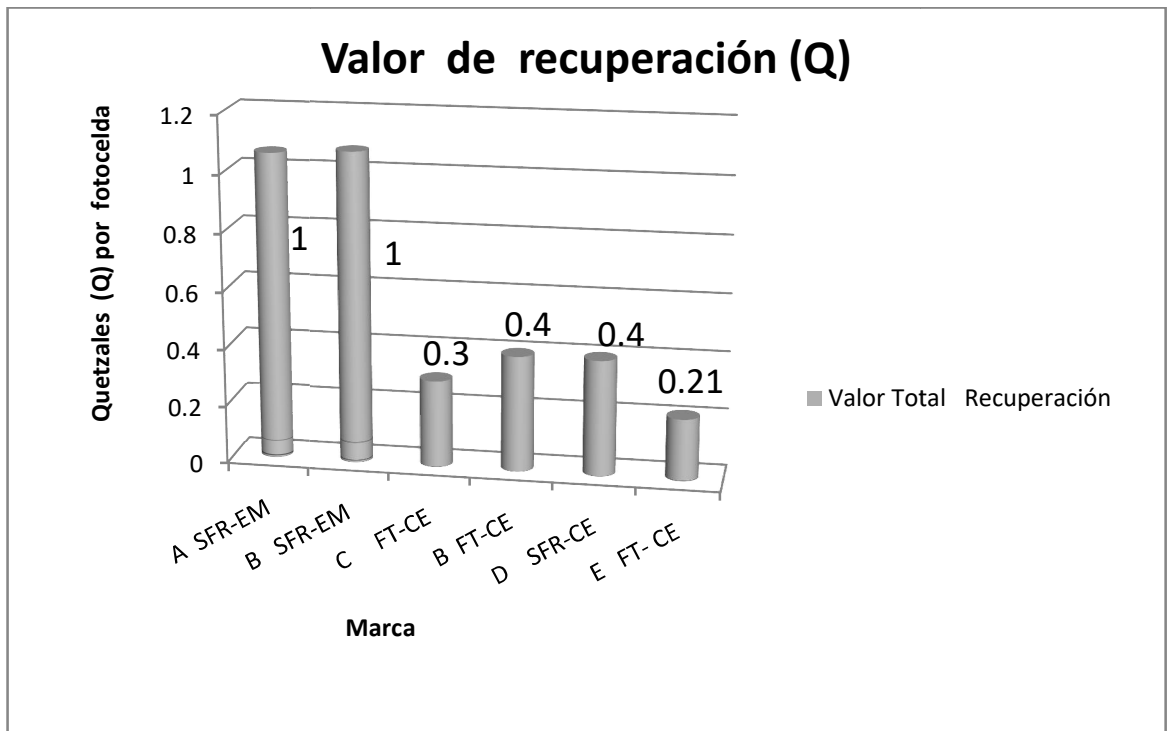
Fuente: elaboración propia (2016).

Tabla XVIII. **Valor de recuperación por marca de fotocelda en Quetzales (Q)**

Material	Valor de Recuperación en Quetzales (Q) /Fotocelda					
	A SFR-EM	B SFR-EM	C FT-CE	B FT-CE	D FT-CE	E FT-CE
Polipropileno	0.054	0.052	0.026	0.058	0.040	0.032
Polietileno	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Polímero de metil metacrilato (acrílico)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
Bronce	0.107	0.107	0.000	0.146	0.141	0.000
Cobre	0.324	0.295	0.214	0.196	0.217	0.169
Acero	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
Aleación Plomo Estaño	0.004	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
Metales no magnéticos	0.050	0.060	0.000	0.000	0.000	0.000
Metal Magnético	0.003	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
Acrilonitrilo Butadieno Estireno	0.000	0.000	0.018	0.000	0.000	0.000
Latón	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.007
Neopreno	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Valor Total Recuperación	1	1	0.3	0.40	0.40	0.21

Fuente: elaboración propia (2016).

Figura 12. Valor de recuperación por marca de fotocelda en Quetzales (Q)



Fuente: elaboración propia (2016).

Tabla XIX. **Usos de los componentes de las fotoceldas de sensor fotoresistivo – electromagnético**

Componentes	Usos	
	Repuestos	
Cubierta	X	
Visor	X	
Base Negra	X	
Empaque	X	
Conector	X	Donde se requiera conectar el dispositivo a la base de la fotocelda.
Bobina	X	Donde se requiera un componente que se oponga al cambio de corriente
Sensor de luz	X	Para activar o desactivar un mecanismo mediante un sensor fotoeléctrico
Resistencia de película de carbón	X	En dispositivos donde se requiera resistir el paso de corriente.
Resistencia de película de metal	X	En dispositivos donde se requiera resistir el paso de corriente.
Condensador	X	En dispositivos donde se requiera almacenar carga eléctrica
Soportes, Base , Soporte y Sujetador de Bobina, Rendija de Sensor	X	Donde se requiera para sujetar o asegurar componentes
Resorte de Bobina, Bases	X	Dispositivos donde se requieran por sus dimensiones
Tornillos, resortes, sujetadores	X	Dispositivos donde se requieran por sus dimensiones
Soldador	X	Realizar pequeñas soldaduras.
Fotocelda	x	Otros circuitos que se adapten a sus características

Fuente: elaboración propia (2016).

Tabla XX. Usos de los componentes de las fotoceldas de fototransistor con comando electrónico

Componentes	Usos	
	Repuestos	
Cubierta	X	
Visor	X	
Base Negra	X	
Empaque	X	
Conector	X	Donde se requiera conectar el dispositivo a la base de la fotocelda.
Circuito Impreso	X	
Relé	X	Donde se requiera un interruptor para regular la entrada de corriente alterna al resto de componentes.
Condensador Cerámico	X	En dispositivos donde se requiera almacenar carga eléctrica.
Condensador de Poliéster	X	En dispositivos donde se requiera almacenar carga eléctrica
Capacitor	X	Donde se requiera reducir la fluctuación de corriente.
Circuito Integrado	X	Para comparar voltajes.
Diodos	X	Donde se requiera rectificar la corriente, y obtener un voltaje reducido.
Sensor de Luz (Fotoresistencia)	X	Donde se requiera receptores de luz para accionar algún dispositivo
Sensor de luz (Fototransistor)	X	Donde se requiera receptores de luz para accionar algún dispositivo
Resistencia de película de Carbón	X	En dispositivos donde se requiera resistir el paso de corriente.
Resistencia de película de metal	X	En dispositivos donde se requiera resistir el paso de corriente.

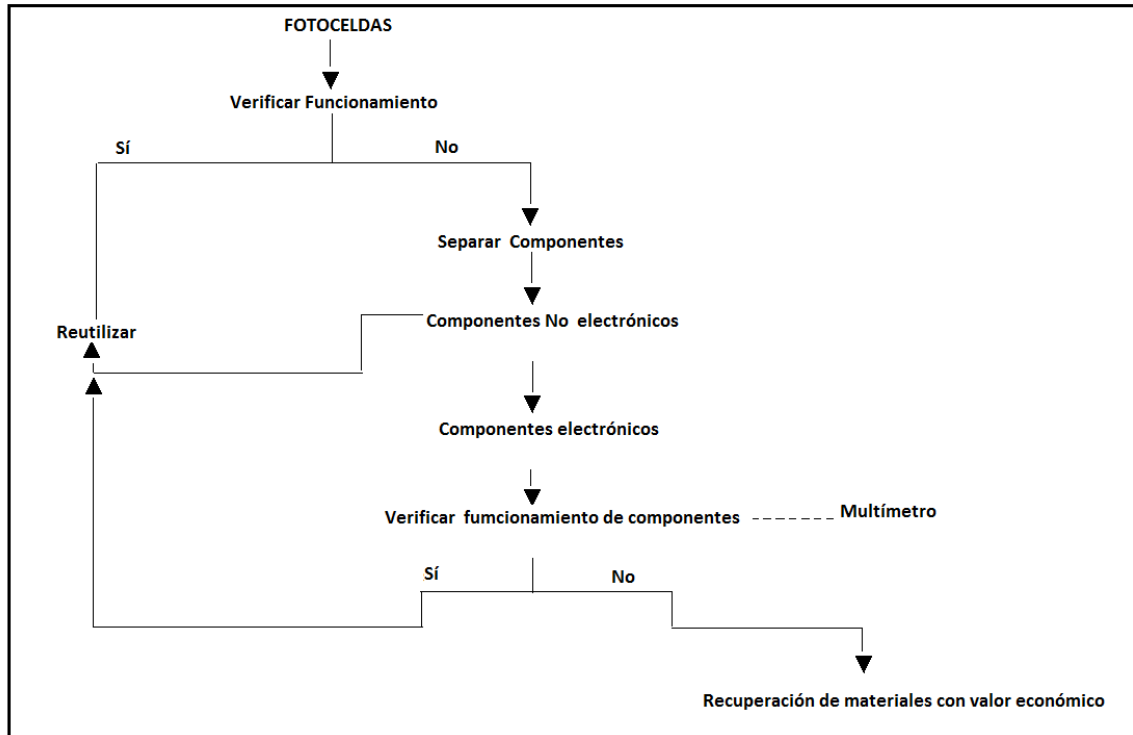
Fuente: elaboración propia (2016).

Tabla XXI. **Aplicaciones de los componentes electrónicos de las fotoceldas**

Dispositivos	Descripción	Aplicaciones
Fuente de alimentación	Utilizando los diodos para obtener un voltaje reducido y los capacitores electrolíticos con lo cual se podría obtener un voltaje deseado y estable.	Dispositivo que requiera una fuente de alimentación de energía.
Circuito oscilador	El circuito integrado y los capacitores se pueden utilizar para la creación de un oscilador estable o monoestable con aplicaciones junto al relé.	Alarmas para el hogar
		Alarmas para vehículos
		Luces de emergencia en instalaciones administrativas
		Iluminación en festividades
		Indicadores de fallos en circuitos.
Control autónomo	Utilizando una fotorresistencia y un relé se puede crear un circuito que al bajar la luz permita con la ayuda de un transistor inversor, la activación automática del alumbrado externo.	Alumbrado domiciliar
Sistema de alarma	Utilizando la fotorresistencia, el relé, el circuito integrado, las resistencias y los capacitores se puede crear una alarma para verificar el estado de la incubadora.	Incubación

Fuente: elaboración propia (2016). Con colaboración del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), rama estudiantil / USAC. Edificio T-1 Primer nivel.

Figura 13. Esquema de lineamientos generales para el tratamiento primario de las fotoceldas de alumbrado público



Fuente: elaboración propia (2016).

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los fotocontroles o fotoceldas de alumbrado público son dispositivos utilizados para activar el encendido de la lámpara, en algunas ocasiones cuando el bombillo se encuentra encendido, puede deberse a que el fotocontrol no se encuentre orientado correctamente o que esté averiado. Dentro de los objetivos de esta investigación se encuentra identificar y clasificar los materiales presentes en la fotocelda determinando si son tóxicos o no para la salud y el ambiente, así como su potencial para reciclarlos y que sean fuente de materia prima para otros procesos. Además, determinar los usos que se le pueden dar a los componentes para restitución de componentes defectuosos.

Figura 14. **Lámpara encendida durante el día**



Luminaria encendida ubicada en uno de los parqueos de catedráticos de la Facultad de Ingeniería/ USAC

Fuente: elaboración propia (2016).

Los fotocontroles utilizados en esta investigación fueron de diferentes marcas. La muestra trabajada fue de 20 fotocontroles. Estos se

clasificaron por marca y mecanismo, ya que la cantidad de componentes varían ya sean estos más recientes o antiguos, además algunos poseen un funcionamiento mecánico y otros electrónico.

La información proporcionada por las municipalidades en cuanto a si existe generación de desechos, se encuentra en la tabla XXII, las municipalidades encuestadas fueron tanto del departamento de Guatemala como de otros departamentos, entre ellas se encuentran San Diego, Zacapa; Villa Canales, Villa Nueva, San Miguel Petapa y Mixco, Guatemala; los resultados de esta encuesta muestran que se presenta generación de desechos de alumbrado público en un 83.33% de las municipalidades consultadas, dentro de estos la mayor generación la constituyen las lámparas, fotoceldas y bombillos entre otros componentes.

Tabla XXII. Información obtenida respecto a la generación de desechos, por las municipalidades encuestadas

Pregunta	Respuesta	
	SI	No
Existe Generación de desechos de alumbrado público en su Municipalidad	83.33 %	16.67 %

Fuente: elaboración propia (2016).

Los resultados de la encuesta muestran que de las municipalidades que indicaron generar desechos, el 33.33 por ciento indicó que es la municipalidad la que se encarga de los mismos, mientras que otro 33.33% indicó que no existe un responsable de los desechos, tal como se puede observar en la figura 16. Esto es muy importante, ya que la mayoría de las municipalidades que indicaron generar desechos, no le dan ningún tratamiento y lo único que hacen es almacenarlos en bodegas o espacios de los cuales disponen.

Tabla XXIII. Información obtenida respecto al encargado de los desechos de alumbrado público generado por las municipalidades encuestadas

Pregunta	Respuesta			
	Empresa Privada	Municipalidad	Ninguno	No responde
Encargado de los desechos de alumbrado Público	16.67 %	33.33%	33.33%	16.67%

Fuente: Elaboración propia (2016).

Solo el 16.67 % de las municipalidades indicaron que los desechos generados son tratados por empresas privadas; sin embargo, al consultárseles el nombre de las empresas que hacen el tratamiento no pudieron proporcionar un nombre, inclusive algunas mencionaron que la Empresa Eléctrica era la encargada de los desechos, pero ésta indicó que ellos no son los responsables de los desechos y que no reciben desechos de lámparas de las municipalidades.

Lo anterior evidencia que no existe un procedimiento establecido para darle seguimiento a los desechos generados por el alumbrado público, el cual es responsabilidad de las municipalidades y en cada municipalidad se hace lo que cada encargado considera es lo adecuado, acciones que van desde almacenarlas hasta descartarlas en los botaderos municipales.

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

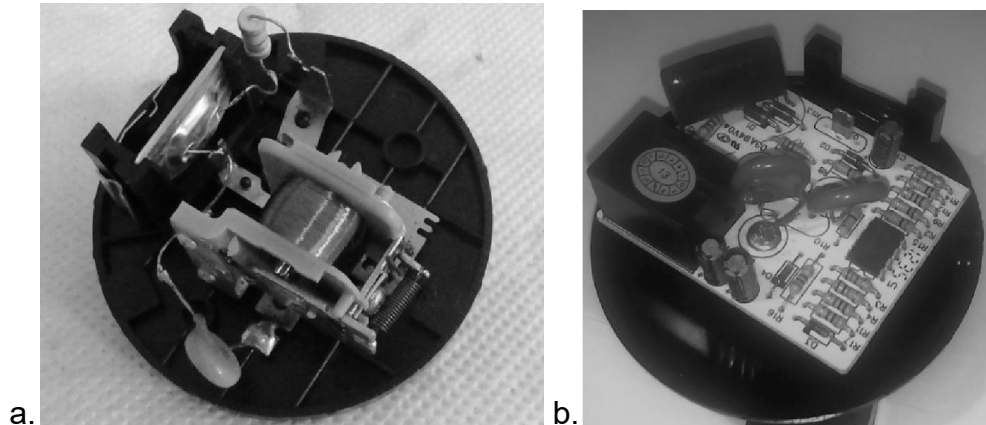
De estos fotocontroles 19 provenían de municipalidades y 1 de empresa privada. Para determinar si estos funcionaban correctamente, se conectó cada fotocontrol a una base para fotocelda conectada a una plafonera que tenía un bombillo de 40 W.

Con esto se pudo determinar que de la muestra, 13 fotocontroles sí funcionaban y 7 no lo hacían. Es importante hacer notar que los fotocontroles se encontraban en desuso, por lo tanto se esperaba que no funcionaran, sin embargo esta muestra que no existe una revisión de los componentes de la lámpara antes de desinstalarlos. Respecto al fotocontrol obtenido en la empresa privada este si coincidió con lo descrito por la empresa, ya que no funcionaba.

La cantidad de fotocontroles recolectada en las municipalidades superaba el tamaño de la muestra a trabajar en esta investigación. Por lo que para obtener una muestra se determinó la proporción de cada marca en el total de fotoceldas recolectadas. De esa manera para la muestra de estudio (20 fotocontroles), se tomó 7 fotocontroles de la marca A, 9 de la marca B, 2 de la marca E, y de las marcas C y D una de cada una. De estos, 15 fotocontroles o fotoceldas presentaban una operación por sensor fotoresistivo – electromagnético y 5 por fototransistor con comando electrónico. Las de fototransistor con comando electrónico correspondían a las marcas E, C, D y una de la marca B.

Los fotocontroles de comando electrónico según García T.(2006) presentan mayor vida útil y poseen menor desgaste de los componentes así como no les afecta los cambios de temperatura en el ambiente además ahorran energía comparados con los fotocontroles de sensor fotoresistivo.

Figura 15. Tipo de fotocontrol por operación. a. sensor fotoresistivo-electromagnético b. comando electrónico



a. Fotocontrol de sensor fotoresistivo sin cubierta para visualizar el tipo de fotocontrol.

b. Fotocontrol de fototransistor con comando electrónico sin cubierta para poder visualizar el tipo de fotocontrol.

Fuente: elaboración propia (2016).

Los fotocontroles de comando electrónico de la muestra sí funcionaban encendiendo y apagando del bombillo del circuito tal como se muestra en la figura 18 (Anexo II).

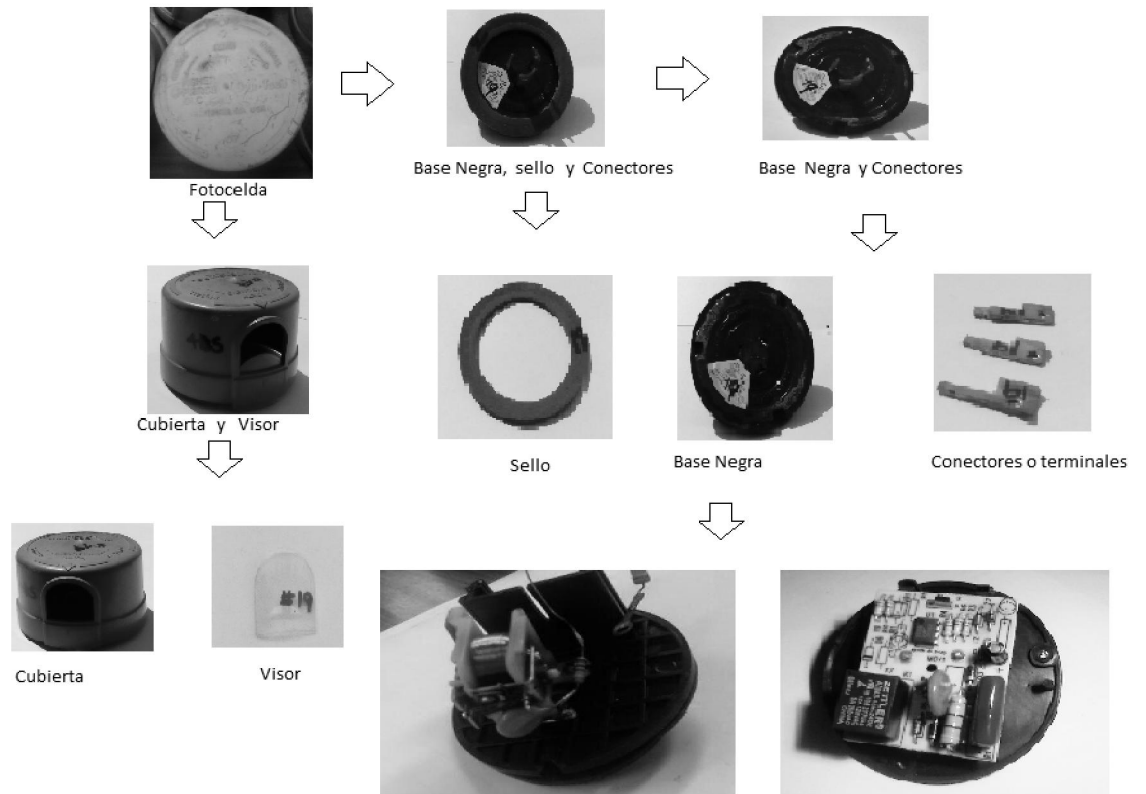
Los fotocontroles marca A y B de sensor fotoresistivo, se clasifican por el tipo de operación en fotocontroles electromagnéticos, ya que contiene un relé que funciona como interruptor interno, estas fotoceldas o fotocontroles contienen componentes similares con algunas variaciones. Dentro de los componentes que son específicos para su funcionamiento se encuentran: conectores, fotocelda de sulfuro de cadmio, resistencia, relé, condensador. Los demás componentes internos presentes en las fotoceldas son los que proporcionan que estos componentes se encuentren fijos dentro de la fotocelda, tales como base, soportes, tornillos, tuercas, etc. Además están los que le proporcionan al fotocontrol protección a las condiciones ambientales como la cubierta, el empaque o sello y el visor.

Se tomó la masa total de los fotocontroles para obtener el porcentaje en masa de cada componente posteriormente. La masa media de los fotocontroles marca A es de $9.303E-02$ kg y de los fotocontroles marca B es de $9.418E-02$ kg, las fotoceldas con menor masa media son los de marca E de $6.36E-02$ kg. Presentaron menor masa las fotoceldas de comando electrónico con excepción de la fotocelda marca B, la cual tiene una masa de $9.17 E-02$ kg, muy similar a las de sensor fotoresistivo. Debido a que sus componentes son de mayor tamaño que los de las otras fotoceldas de comando electrónico.

El valor de la desviación estándar (σ) determinó que la dispersión respecto a la media de los datos de las masas trabajadas no supera valores en milésimas para la mayoría de los datos, indicando la precisión en relación a los datos proporcionados por la balanza analítica utilizada, lo que se ve respaldado por los valores de varianza (σ^2) determinados para la medición de masa.

Se realizó una separación primaria, iniciando por separar la cubierta para dejar la base negra de la fotocelda y retirar los componentes que hacen el funcionamiento de la misma. Esto se realizó para todas las marcas trabajadas, tal como se muestra en la figura 16.

Figura 16. Diagrama de separación primaria de las fotoceldas



En la figura se muestra la manera en que se separó los componentes externos de las fotoceldas, tanto de sensor fotoresistivo como de comando electrónico.

Fuente: elaboración propia (2016).

Dentro de los componentes que protegen del ambiente a la fotocelda, se encuentra la cubierta, que consiste en una carcasa elaborada de Polipropileno de alta resistencia, el porcentaje en masa de ésta va del 28 % al 32 % en masa, más de la cuarta parte de la masa de la fotocelda corresponde a la cubierta. Es importante mencionar que la cubierta de las fotoceldas marca B presentaron quebradura moderada, en el área cercana al visor y a los seguros de la base negra. El resto de cubiertas de las otras marcas algunas presentaron quebraduras leves al momento de retirarlas para realizar la separación primaria.

La cubierta posee un visor que debe estar colocado al norte, según se indica. Este visor posee un porcentaje que va de 1% al 2% en masa en las marcas trabajadas y está fabricado de polímero de metil metacrilato (acrílico), el cuál es transparente para permitir el paso de la radiación electromagnética, específicamente luz visible o rangos cercanos. Otro de los componentes que se utilizan para proteger la fotocelda es el empaque o sello, fabricado de neopreno para las fotoceldas de la marca E que representa el 1.32 % en masa, para el resto de marcas trabajadas este representa aproximadamente el 0.25 % en masa, y está elaborado de polietileno. Este se utiliza para evitar la entrada de polvo o de pequeños insectos a los componentes de funcionamiento de los fotocontroles o fotoceldas.

La base es donde se sostienen en sí los componentes que forman la fotocelda. Para la marca C está elaborada del polímero acrilonitrilo butadieno estireno, con un porcentaje en masa de 21.43 %. En las marcas A, B, D y E está fabricada de polipropileno de alta resistencia, con un porcentaje en masa que va desde 13.591 % para las de marca E hasta 23.205 % para las de marca A, lo que hace que en las fotoceldas una buena fracción de la masa sea polipropileno. En la marca A alrededor del 53% en masa, y para las de marca E el 46% en masa. Este es un dato útil tomando en cuenta que este polímero se encuentra dentro de los polímeros reciclables, lo que podría aprovecharse y evitar la acumulación de desechos en las bodegas de las municipalidades y la cantidad de desechos descartados en botaderos.

Otros componentes de las fotoceldas son aquellos que intervienen directamente en su funcionamiento, de estos los que se obtuvo de la separación primaria son los conectores. En general, los fotocontroles

poseen tres conectores o terminales, según García T. (2006) las terminales corresponden a la línea o fase, la carga y el neutro, mediante estos se conecta la fotocelda a la lámpara. De los conectores el que corresponde a neutro es el que posee mayor masa según se especifica en la base. Están fabricados de bronce para las marcas A, B y D. Según Masterton, Slowinski y Stanitski (1987) el bronce es una aleación que contiene cobre (70% a 95 %), cinc (1% a 25 %) y estaño (1% a 18 %). Al ser una aleación y tener muchos usos industriales, el bronce tiene un alto potencial de reciclaje. Dependiendo de la marca representa en las fotoceldas un porcentaje en masa que va desde 5.7 % al 9 % en masa.

Para las marcas C y E, los conectores están fabricados de latón, que también es una aleación, según Masterton *et.al* (1987) contiene cobre (Cu) (67% a 90 %) y cinc (Zn)(10% -33%). Al igual que el bronce posee un alto potencial de reciclaje, debido a que contienen metales que tienen muchos usos en la industria. El latón representa el 9 % y 10% en masa en las fotoceldas. Los precios que se pagan actualmente por estas aleaciones son aproximadamente de Q 9 por libra.

Los componentes electrónicos de la fotocelda por sensor fotoresistivo- electromagnético se ilustran en la figura 22 y 23 (Anexo II).

Entre las fotoceldas de la marca A y B, estas últimas son más simples, ya que poseen una resistencia menos, en los componentes de funcionamiento. Dentro de estos componentes se encuentra la bobina, según Malvino (2000), la bobina o inductor es un componente que tiene la función de oponerse a que exista un cambio en la corriente, está compuesta por un carrete fabricado de baquelita y material embobinado

que corresponde a finos hilos de cobre, posee un porcentaje en masa de 19.309 % y 18.609 % para la de marca A y B respectivamente, este es el componente de funcionamiento de mayor masa dentro de la fotocelda. Se determinó la masa de cobre presente en la bobina, para ello se rebobinó el hilo de cobre en otro carrete para determinar por diferencia la masa de cobre, como lo muestra la figura 25(Anexo II).

La masa de cobre presente es de 9.303×10^{-2} kg y 1.338×10^{-2} kg para las de marca A y B, respectivamente. Lo cual equivale a un porcentaje en masa de 14 % aproximadamente para las dos marcas. El cobre es un metal pesado que tiene amplio mercado para su reciclaje, en Guatemala existen empresas que compran este material y los precios varían de acuerdo a la pureza y calidad del cobre (Cu). Según la empresa de reciclaje consultada se paga alrededor de Q 10.00 por libra de cobre.

Según Prat (1998) los condensadores o capacitores son los componentes que tienen dentro de sus propiedades almacenar carga eléctrica, de acuerdo a su capacidad, así mismo Rodríguez (2001) indica que los condensadores poseen una película metálica y un disco de cerámica, que son llamados condensadores cerámicos por su forma, estos se usan en combinación con las bobinas. Los condensadores presentes en las fotoceldas por sensor fotoresistivo – electromagnético estudiadas son del tipo cerámico. Las terminales son de cobre, metal conductor que se encuentra recubierto. Estos condensadores representan el 1% en masa de estas fotoceldas. Para los fotocontroles por comando electrónico los condensadores representan un porcentaje en masa no mayor de 13% estos son cerámicos y los hay también de poliéster, representan de un 2.8 % m/m a un 5% m/m de la fotocelda dependiendo

de la marca de esta, pero en general todos los condensadores tienen el mismo funcionamiento independientemente del material del que estén fabricados.

Las resistencias son componentes que según Prat (1998), están diseñadas para oponerse al paso de corriente. En las fotoceldas marca A, se cuenta con una sola resistencia y en la marca B con dos, el código de colores presente muestra que estas poseen un valor de $3.4k\Omega$ 5% y $10k\Omega$ 5% para la 1 y 2, según Rodríguez (2001) las resistencias que presentan estos valores de tolerancia son fabricadas de carbón con algún material de relleno y poseen terminales metálicas, posiblemente cobre recubierto. Las resistencias representan aproximadamente el 2 % en masa de la fotocelda de comando electrónico y en otras como en la fotocelda B de comando electrónico solamente el 1.3 % en masa.

Las resistencia de película metálica son construidas de manera similar a los de carbón según Rodríguez (2001), donde se colocan películas de metal sobre una superficie aislante que puede ser en ese caso cerámica, los metales que suelen utilizarse son níquel (Ni) y cromo (Cr). En las fotoceldas estas resistencias tienen un porcentaje en masa de apenas un 0.23 % m/m. Estas también se encuentran en las fotoceldas de comando electrónico, pero el porcentaje en masa de estas es de 0.782 % m/m en las de marca E que es la que mayor número de estas posee.

Para el sensor de luz o fotocelda, Valencia (2013) indica que estos componentes son llamados fotoeléctricos cuyo funcionamiento consiste en que existe dentro de ellos una superficie sensible a la radiación electromagnética que va en el rango del infrarrojo hasta llegar al

ultravioleta, los cuales alteran sus propiedades eléctricas en respuesta al cambio que se pueda dar en función de la energía lumínica recibida. De estos la más común es la fotoresistencia más conocida por sus siglas en inglés - LDR- Light Dependent Resistor, en la cual el material sensible es un compuesto semiconductor, Sulfuro de Cadmio (CdS). Valencia (2013) también destaca que estos componentes poseen materiales aislantes como vidrio, baquelita y cerámica los cuales sostienen la capa fina del semiconductor, así mismo indica que las fotorresistencias son recubiertas por un material transparente para proteger la superficie, posiblemente acrílico. Contiene terminales de cobre recubierto.

En la fotocelda marca D que es una fotocelda de comando electrónico el sensor de luz es un fotoresistor de Sulfuro de Cadmio (CdS). En esta las terminales son más cortas, el porcentaje en masa del fotoresistor es de 0.109 % m/m. Mientras las fotoresistencias en las fotoceldas de sensor fotoresistivo- electromagnético poseen un porcentaje masa/masa de 0.906 y 0.947 para las marcas A y B respectivamente.

En las fotoceldas por comando fotoresistivo el fotoresistor constituye alrededor del 1% de la masa de la fotocelda, es uno de los componentes clasificado como tóxico a la salud y al ambiente por la presencia de Sulfuro de Cadmio (CdS), según la hoja de seguridad, este compuesto presenta un riesgo a la salud, de acuerdo con las notas técnicas de prevención. – NTP-, considerado cancerígeno, puede provocar daños al riñón, los huesos y el tracto respiratorio.

El resto de componentes de las fotoceldas por sensor fotoresistivo, consiste en todos aquellos que ayudan a sujetar otras piezas o son

complemento de otros componentes. Estos se encuentran ilustrados en la figura 28 (Anexo II).

Los componentes de soporte se pueden clasificar en no ferrosos y ferrosos. Según Fernández (2010) al momento de realizar una valorización de los componentes electrónicos se debe realizar esta clasificación, por imantación. Por lo tanto se utilizó un imán y se determinó que un 7.31 % en masa de estos metales son no ferrosos y un 8.68% en masa son metales ferrosos, esto para la fotocelda marca A.

Para las fotoceldas marca B de sensor fotoresistivo– electromagnético se tiene un 8.63 % en masa que corresponde a metales no ferrosos y un 10.83 % en masa a metales ferrosos. A pesar de que los componentes son muy similares en comparación con las de marca A, estos son de mayor tamaño y número, tal como se muestra en la figura 31 (Anexo II).

Dentro de los metales magnéticos se puede tener hierro o acero, las tuercas, tornillos, resortes son fabricados de acero. Y dentro de los metales no ferrosos pueden estar el cobre, aluminio, platino, etc.

Actualmente en el mercado se paga aproximadamente Q 1.50 por libra de acero, Q 0.20 por libra de metales ferrosos y Q 3.35 por libra de metales no ferrosos. Según la recicladora consultada.

El soldador presente en las fotoceldas es una aleación de estaño-plomo (Sn-Pb), las aleaciones de este tipo utilizadas para soldadura contienen aproximadamente un 60% m/m de Sn y un 40% m/m de Pb, son consideradas como reciclables y se pueden volver a utilizar en otros circuitos para soldar componentes.

De acuerdo a los materiales presentes en los componentes de las fotoceldas de sensor fotoresistivo –electromagnético, los materiales tóxicos son el Sulfuro de Cadmio (CdS), el cromo (Cr) y la aleación de estaño-plomo. El primero se encuentra en los sensores de luz, el segundo en las resistencias de película de metal y el tercero en el soldador. De acuerdo a la gráfica 2 estos representan el 21.4 % de los componentes, el 78.6% no contiene materiales tóxicos y estos componentes representan alrededor del 1.7 % en masa de la fotocelda. Esto muestra que los componentes que no se podrían reciclar y que tendrían que encapsularse para evitar contaminación hacia los seres humanos y el ambiente es un porcentaje mínimo. En contraste con los materiales que se podrían aprovechar.

Según se muestra en la gráfica 4 los materiales que se pueden considerar para reciclaje corresponden al 70.4 % de los materiales presentes y para las fotoceldas de sensor fotoresistivo- electromagnético esto corresponde al 95.79 % m/m, que es un dato significativo. Este porcentaje es en función de los materiales presentes en los tipos de fotoceldas estudiadas. Mientras que el 29.6 % corresponde a los materiales que no se pueden reciclar como por ejemplo los componentes tóxicos y los cerámicos, baquelita, resinas epóxica. Según la diferencia le correspondería el 4.21 %. Por lo que se tiene un alto potencial de reciclaje.

Los componentes de las fotoceldas por comando electrónico se ilustran en las figuras 30 a la 35 en el anexo II. Dentro de estos se tienen las resistencias, los diodos, circuitos integrados, capacitores, condensadores, relé, fototransistor y circuito impreso para los componentes internos y de funcionamiento pero a su vez el circuito impreso se usa

como sujetador de los componentes de funcionamiento. El número de componentes depende del fabricante y del diseño del circuito.

En el caso de las fotoceldas de la marca D el sensor de luz es un sensor fotoresistivo. Pero en el resto de fotoceldas de comando electrónico el sensor de luz es un fototransistor, Malvino (2000), indica que un fototransistor es un transistor donde se produce una ganancia de corriente con la misma luz incidente que en un fotodiodo. Estos dispositivos son diseñados para una operación On-Off. Posee un porcentaje en masa de 0.1 % aproximadamente en todas las marcas estudiadas, contiene silicio en una base epóxica así como terminales de cobre metálico recubierto. En este el material fotosensible es el silicio que según Valencia (2013), es de los elementos más utilizados en la elaboración de dispositivos electrónicos de emisión en el dominio del infrarrojo con una longitud de onda de $0.9 \mu\text{m}$ a diferencia del sensor fotoresistivo de Sulfuro de Cadmio en el dominio de la radiación visible y el infrarrojo cercano.

Otros de los componentes son los diodos, Prat (1998) indica que están fabricados con semiconductores, es un componente electrónico que permite el paso de la corriente en un solo sentido, tiene un comportamiento no lineal respecto a otros componentes como las resistencias, este tiene la función de rectificar la corriente alterna en corriente continua y permite el paso de la corriente solo en una dirección, los diodos de silicio según Malvino (2000), tienen una tensión umbral de aproximadamente 0.7 V. El germanio es también uno de los semiconductores utilizados en los diodos, la tensión umbral del germanio es de 0.3 V, esta diferencia hace que estos tengan usos específicos por lo que el silicio es más utilizado en aplicaciones modernas y circuitos de telecomunicaciones.

El porcentaje en masa de los diodos es de aproximadamente un máximo de 1.3 %, siendo mayor el porcentaje en las fotoceldas de la marca E y el menor en las fotoceldas de la marca C. La cantidad de diodos depende del diseño y fabricante de las fotoceldas, el menor número de diodos presente es de cuatro y el máximo de 7, en las fotoceldas trabajadas, sin embargo el principio de funcionamiento es el mismo.

El relé electromagnético es un componente electrónico que actúa como interruptor el cual regula la entrada de corriente alterna al resto de componentes. Representa en las marcas C, E y D alrededor del 12 % en masa de la fotocelda. En la marca B de comando electrónico el porcentaje en masa es de 9.7 %, el relé tiene una bobina que tiene cobre como material embobinado, al igual que se encuentra en los de sensor fotoresistivo - electromagnético pero son de menor tamaño. Es el tercer componente con valor de masa significativo comparado con el resto de componentes. Posee una cubierta de polímero y terminales de cobre recubierto, en la figura 31 se muestra la apariencia interna de un relé, sin la cubierta, se puede observar la bobina y el material color marrón que caracteriza al cobre. Entre los componentes tóxicos que se pueden encontrar en el relé está el Óxido de Cadmio (CdO), este compuesto es considerado cancerígeno por la OSHA (Occupational Safety and Health Administration) y con riesgo moderado a la salud según la HMIS (Hazardous Materials Identification System).

En la figura 32 se muestra el funcionamiento de un relé electromagnético donde el contacto móvil abre el circuito al momento de colocarle una fuente de alimentación a la bobina, haciendo que esta active circuitos que permanecen cerrados normalmente. Lo que hace que la

lámpara pueda encenderse al momento en el que el sensor de luz ya no detecte la radiación electromagnética o apagarse al momento de detectar la radiación electromagnética.

Los capacitores presentes en las fotoceldas de comando electrónico son condensadores eléctricos, que están fabricados, según Rodríguez (2001) por láminas de aluminio o de tantalio en algunos casos, en estos se hace crecer óxido entre las dos láminas, estos tienen polaridad a diferencia de los de cerámica por lo que debe tomarse en cuenta para evitar la reacción inversa a la formación del óxido. Poseen terminales de cobre recubierto, el porcentaje en masa de estos es de 1.775 % para las fotoceldas marca D y 0.556 % para las E, el mayor y menor porcentaje. Para las otras marcas los porcentajes en masa se encuentran alrededor de los 1.35 % . Estos capacitores son llamados laminares por su fabricación.

El circuito integrado como lo indica Prat (1998), es un circuito fabricado sobre un dado de un semiconductor, por sus siglas C. I. en estos se fabrican diferentes dispositivos sobre un mismo cristal del semiconductor donde la interconexión entre componentes se realiza por pistas metálicas que corren por el dado del semiconductor, entre estos materiales pueden estar el silicio. De acuerdo con la hoja de seguridad de los circuitos integrados encontrados en las fotoceldas con código LM 393 A TCI 18, estos son comparadores de voltaje, poseen 6 terminales con diferentes funciones. En las fotoceldas el porcentaje en masa de estos es de 0.883 % para las fotoceldas marca B y de 0.643 % para las D. Estos además del material semiconductor también contienen terminales de cobre recubierto, polímero y el Arseniuro de Galio (AsGa).

Dentro de los compuestos tóxicos presentes en los componentes de la fotocelda se encuentra el Arseniuro de Galio (AsGa), el cual es un compuesto tóxico para el medio ambiente en especial para los medios acuáticos, según el sistema de identificación de materiales peligrosos, causa efectos agudos a la salud, posee clasificación 3 y puede ser cancerígeno según la OSHA y EPA (Environmental Protection Agency).

El circuito impreso según Cohen(2010) es una tarjeta o placa donde se emplazan los componentes y las interconexiones de estos para el funcionamiento del circuito. Contienen materiales como cobre, baquelita o fibra de vidrio. Los circuitos impresos utilizados en las fotoceldas por comando electrónico son de una capa. Esto significa que tienen solamente un camino impreso de cobre, por lo que los componentes solo se colocan de un lado de la placa. Estos circuitos impresos anclan a los componentes como los diodos, resistencias, condensadores, circuitos integrados, capacitores, etc. Proporcionando el medio de conducción por medio del Cobre. Los componentes son anclados y soldados con aleación estaño plomo.

El porcentaje en masa de los circuitos impresos en las fotoceldas de comando electrónico es de 9 % m/m exceptuando a las fotoceldas de la marca E que poseen un 11% m/m. Estos circuitos contienen una aleación de estaño - plomo la cual es considerada tóxica para la salud y para el ambiente ya que el plomo es un metal pesado y puede causar muchos daños de los cuales se puede mencionar daños a los riñones, cerebro además de ser mutagénico, esta aleación puede ser reciclada para recuperar los metales. Los vapores generados cuando esta aleación se funde a más de 500 °C pueden causar irritación en las vías respiratorias.

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

No fue posible determinar la fracción a la que corresponde cada sustancia tóxica, debido a que en la hoja de seguridad para los componentes esta información no se encuentra disponible, estos se refieren a su funcionamiento más que a los componentes para su fabricación, en algunos casos se tienen datos de los materiales utilizados; pero no de su proporción en los componentes. Estos datos varían de un fabricante a otro. Cabe mencionar que esta investigación se refiere a los lineamientos generales para el tratamiento primario y por lo tanto la determinación de los porcentajes en masa de cada sustancia presente se encuentran fuera del alcance de la misma.

En el caso de las fotoceldas de comando electrónico, el porcentaje en masa medio de componentes con materiales con valor de reciclaje es de 74.235 %, que es un valor significativo para obtener un beneficio económico al momento de que estas sean destinadas para tal efecto.

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

Para las fotoceldas de comando electrónico, la que poseen un valor de recuperación estimado más bajo es la de la marca E, con Q 0.21/fotocelda. Esta posee valores más bajos con relación a los de las fotoceldas de sensor fotoresistivo-electromagnético, el valor de recuperación menor se debe al valor de la masa de la fotocelda, que es menor que las fotoceldas de sensor fotoresistivo-electromagnético y de las de comando electrónico.

Si se toma en cuenta la cantidad de luminarias instaladas a nivel nacional que en un momento u otro se convertirán en desechos, resulta una recuperación monetaria de Q 303,366 solo para las luminarias correspondientes a la cobertura de ENERGUATE a nivel nacional.

Es importante mencionar que a pesar de que existe un mercado en el que se puede obtener un beneficio económico con la venta de metales como cobre, o aleaciones como el bronce o el latón, las fotoceldas deben en un principio aprovecharse para reuso, ya que todas las fotoceldas descritas con anterioridad pueden ser reutilizadas como sustitución en otras luminarias donde se haya averiado la fotocelda y como dispositivos para activar o desactivar otros mecanismos donde se pueda utilizar la luz visible para tal efecto. Es importante mencionar que

las fotoceldas independientemente de la marca tienen una vida útil de 5,000 operaciones, lo que equivale a 13.7 años.

Así mismo todos y cada uno de los componentes electrónicos por separado se podrían reutilizar siempre y cuando posean terminales para anclarlos al circuito impreso y no se encuentren quemados, lo cual se puede determinar fácilmente con un multímetro, estos se podrían utilizar como sustitución de componentes averiados dentro de la fotocelda, en otros dispositivos electrónicos que por sus características se requieran, esto aplica para todos los componentes. De igual manera el circuito impreso con todos los componentes podría utilizarse para activar o desactivar otros mecanismos, en los que no se requiera la cubierta, sino específicamente los componentes de funcionamiento.

Los componentes no electrónicos podrían utilizarse como sustitución de componentes dentro de las fotoceldas y en el caso de tornillos, tuercas, resortes etc. donde se requiera por sus características.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2010), es importante agotar el reuso de los residuos electrónicos y componentes antes de ser desechados para luego pasar al reciclaje, sin embargo, esto no sucede, en el caso de las fotoceldas son retiradas de la luminaria sin estar averiadas. Además existe una tendencia a recuperar los metales que tienen valor económico y no se realiza esta actividad en función de cuidar el ambiente.

Como lo indica Fernández (2010), la reutilización garantiza que los componentes no se pierdan avanzando hacia la valorización, por lo cual realizando la reutilización se gestiona los residuos electrónicos.

Las aplicaciones que se mencionan en los resultados fueron elaboradas con colaboración de la rama estudiantil del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), sede en la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). Estas propuestas, plantean utilizar los componentes electrónicos de las fotoceldas, que pueden ir desde una fuente de alimentación de energía, hasta un sistema de alarma. Estas propuestas no fueron concretizadas pero podrían llevarse a cabo como un proyecto, en la carrera de ingeniería eléctrica y/o electrónica, dejando a los estudiantes desarrollar su ingenio para aprovechar los componentes electrónicos. Explotando otros usos, variados y diversos en donde sean utilizados para crear circuitos nuevos y sigan generando un beneficio a la sociedad.

CONCLUSIONES

1. El tratamiento primario de las fotoceldas de alumbrado público que se propone, aplica desde la desinstalación de la fotocelda e incluye la clasificación y separación de los componentes electrónicos, la verificación de su funcionamiento para agotar su reutilización y el aprovechamiento de los componentes de la fotocelda de alumbrado público, antes de reciclar los metales que tienen un valor económico y de tomar las acciones para su disposición final.
2. En las fotoceldas de sensor fotoresistivo-electromagnético se determinó, que las sustancias dañinas a la salud debido a la presencia de metales pesados son: Sulfuro de Cadmio (CdS), cromo (Cr) y aleación de estaño-plomo (SnPb), los cuales se encuentran en los componentes de funcionamiento sensor de luz, resistencia de película metálica y el material utilizado para soldar los componentes.
3. En las fotoceldas de fototransistor con comando electrónico se determinó, que las sustancias dañinas a la salud debido a la presencia de metales pesados, son Sulfuro de Cadmio (CdS), Óxido de Cadmio (CdO), Arseniuro de Galio (AsGa), cromo y aleación de estaño – plomo, los cuales se encuentran en los componentes de funcionamiento sensor de luz, relé, circuito integrado, resistencia de película metálica y circuito impreso.
4. Los componentes de las fotoceldas de sensor fotoresistivo- electromagnético y de fototransistor con comando electrónico pueden utilizarse sin excepción como sustituto de

componentes defectuosos entre otras fotoceldas del mismo tipo según su fabricación, ya que los componentes poseen las mismas características y especificaciones, la reutilización de los componentes electrónicos es amplia sin embargo se proponen algunas a nivel domiciliar e industrial como muestra de ello. La aleación de estaño plomo para el caso de las fotoceldas con sensor fotoresistivo-electromagnético puede aprovecharse utilizándola para soldar otros componentes electrónicos en circuitos como los propuestos en las aplicaciones de reutilización.

5. En caso que los componentes de la fotocelda no puedan tener reutilización, pueden aprovecharse para reciclaje el 95.79 % m/m de las fotoceldas de sensor fotoresistivo –electromagnético y el 74.235 % m/m de las fotoceldas de fototransistor con comando electrónico, el valor de recuperación considerando la cantidad de fotoceldas instaladas proporciona un valor atractivo que pueden utilizar las municipalidades en beneficio del medio ambiente.

6. De acuerdo con la valorización de los materiales presentes en los componentes de la fotocelda, el cobre, latón y bronce se encuentra con un porcentaje representativo en los tipos de fotocelda de sensor fotoresistivo-electromagnético y de fototransistor con comando electrónico y poseen un valor de comercialización, por lo que se podría obtener un beneficio económico al reciclar este metal después del ciclo de vida de la fotocelda, utilizándolo como materia prima para otros procesos.

RECOMENDACIONES

1. Basado en los lineamientos generales para el tratamiento de los desechos electrónicos de las fotoceldas que se proporciona en esta investigación, aportar fundamentos para desarrollar la política de manejo de desechos sólidos electrónicos a nivel nacional a las autoridades competentes.
2. Agotar la reutilización de los componentes de la fotocelda de alumbrado público antes de reciclar los metales que tienen un valor económico.
3. Reutilizar los componentes minoritarios que presentan sustancias tóxicas y darle al final de su vida útil el tratamiento necesario.
4. Cuantificar las sustancias tóxicas, tales como metales pesados presentes en las fotoceldas de alumbrado público y desarrollar una metodología para su tratamiento y disposición final como nuevo tema de investigación.
5. Realizar un intercambio de fotoceldas y de componentes de fotocelda entre municipalidades de tal manera que se sirvan de abastecimiento entre sí para agotar al máximo el uso de componentes como repuesto antes de adquirir luminarias de tecnología más reciente.
6. Desarrollar proyectos por los estudiantes de Ingeniería Electrónica y

Eléctrica en los que puedan llevar a cabo las aplicaciones propuestas y elaborar otras.

7. Aprovechar la compatibilidad de las fotoceldas con los diferentes tipos de luminaria para agotar su vida útil y disminuir la adquisición de nuevas luminarias.
8. Realizar un estudio costo – beneficio en la separación en serie de los componentes de las fotoceldas averiadas, poniendo en práctica los lineamientos generales propuestos en este trabajo de investigación, para la separación de componentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acuerdo Gubernativo 186 – 2001. Reglamento Orgánico Interno del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 29 de mayo de 2001. Diario de Centroamérica, No. 72 t. 266, 31 de mayo de 2001.
2. Acuerdo Gubernativo 509-2001. Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios. 28 de diciembre de 2001. Diario de Centroamérica, No. 71, 12 de marzo de 2002.
3. Acuerdo Gubernativo 234- 2004. Creación de la Comisión Nacional para el Manejo de los Desechos Sólidos –CONADES-. 11 de agosto de 2004. Diario de Centroamérica, 12 de agosto de 2004.
4. Acuerdo Gubernativo 111- 2005. Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y desechos Sólidos. 4 de abril de 2005.
5. Acuerdo Ministerial 447 - 2013. Aprobación del Manual Administrativo de la Comisión Nacional para el Manejo de los desechos sólidos. 11 de julio de 2013.
6. Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P. & Zepeda, F. (1998). Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. *Serie Ambiental Organización Panamericana de la salud/Organización Mundial de la Salud*. (n. 18). Recuperado el 3 de agosto de 2014 de <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=823485>

7. Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico. Directorado Transmisión y Distribución. División de Distribución Eléctrica (2001). *Manual De Normas De Alumbrado Público: Normas y Procedimientos*. Recuperado el 24 de julio de 2014 de <http://www.aeepr.com/DOCS/manuales/Alumbrado%20Publico.pdf>
8. Boeni, H., Silva, U. & Ott, D. (2009). *Reciclaje de residuos electrónicos en América Latina. Panorama general, desafíos y potencial*. Gestión de Residuos Electrónicos en América Latina. Chile: Ediciones Sur. Recuperado el 4 de agosto de 2014 de <http://www.sitiosur.cl/publicacionescatalogodetalle.php?PID=3540>
9. Cazco Arizaga, A. (2006). *Estudio para ahorro de energía en alumbrado público de la base naval Sur*. (Tesis licenciado en Ingeniería en Electricidad, Escuela Superior Politécnica Del Litoral). Recuperado el 24 de enero de 2014, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/19390>
10. Cohen, P. (2010). *Electrosoft Ingeniería*. Recuperado el 8 de marzo de 2016 de <http://www.pcb.electrosoft.cl/04-articulos-circuitos-impresos-desarrollo-sistemas/01-conceptos-circuitos-impresos/conceptos-circuitos-impresos-pcb.html>
11. Comisión Nacional de Energía Eléctrica, División de Proyectos Estratégicos, Departamento de Eficiencia Energética. (2013). *Alternativas para el ahorro y la Eficiencia Energética*. Recuperado de http://www.cnee.gob.gt/wp/?page_id=72

12. Decreto del Congreso de la República de Guatemala 12- 2002. Código Municipal. 9 de mayo de 2002.
13. Empresa de Energía del Pacífico. Gerencia de transmisión y Distribución. Especificación Técnica Detallada.(2000). *Elementos Alumbrado Público*. Cali Colombia. Recuperado el 24 de julio de 2014 de <http://www.epsa.com.co/Portals/0/epsa/documentos/normastecnicas/RA4-101elementosdealumbradopublico.pdf>
14. Fernández, G. (2009). *De un residuo peligroso a un mercado latinoamericano del reciclado de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. Gestión de Residuos Electrónicos en América Latina. Chile: Ediciones Sur. Recuperado el 4 de agosto de 2014 de <http://www.sitiosur.cl/publicacionescatalogodetalle.php?PID=3540>
15. Fernández, G. (2010). El futuro de la industria del reciclado electrónico en la Argentina. Argentina: UNESCO. Recuperado el 22 de enero de 2016 de [http://www.unesco.org.uy/ci/fileadmin/comunicacion-información/libro E-Basura-web.pdf](http://www.unesco.org.uy/ci/fileadmin/comunicacion-información/libro_E-Basura-web.pdf)
16. García, C.(2011).*Manual de procedimientos correctivos y preventivos de luminarias tipo exterior para bombillas HID de sodio y halogenuros metálicos utilizadas en alumbrado público*.(Tesis tecnólogo en Electricidad, Universidad Tecnológica de Pereira). Recuperado el 5 de agosto de 2014 de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2571/1/62132G216.pdf>

17. Guzmán, J. & Godoy, D. (2012). *Guía para Presentar Trabajos de Investigación según APA y otros Sistemas de Citas y Referencias Bibliográficas*. Guatemala. Recuperado el 15 de julio de 2014 en http://www.fahusac.edu.gt/es/wpcontent/uploads/2013/05/Guia_APA_03042013.pdf
18. Malvino, A. (1999). *Principios de Electrónica* (6ta. ed.). España: McGraw-Hill. Recuperado el 12 de febrero de 2016 de <https://onedrive.live.com/redir?resid=AF0712721FF888F1%21199>
19. Masterton, W. , Slowinski, E. & Stanitski, C. (1987). *Química General Superior*. 6ta. Edición McGraw-Hill.
20. Prat, L. (1998). *Circuitos y Dispositivos Electrónicos*. (6ta ed.). España: Ediciones UPC. Recuperado el 11 de febrero de 2016 de <http://www.freelibros.org/libros/circuitos-y-dispositivos-electronicos-lluis-prat-vinas.html>
21. Prince, A. (2009). *Recuperación y reciclado de PC en América Latina y el Caribe. Gestión de Residuos Electrónicos en América Latina*. Chile: Ediciones Sur. Recuperado el 4 de agosto de 2014 de <http://www.sitiosur.cl/publicacionescatalogodetalle.php?PID=3540>
22. Rodríguez, P. (2001). *Componentes Electrónicos*. (1ra ed.). Buenos Aires: Alsina. Recuperado el 18 de febrero de 2016 de <http://www.freelibros.org/tag/componentes-electronicos-libro>

23. Sas, L. (2013, 17 de agosto). Nadie controla desechos sólidos. *Prensa Libre*. Recuperado el 20 de agosto de 2014 de http://www.prensalibre.com/noticias/Nadie-controla-desechos-solidos_0_976102409.html
24. Silva, U. (2010). *Los residuos electrónicos: Un desafío para la Sociedad del Conocimiento en América Latina y el Caribe*. Plataforma RELAC SUR/IDRC. Recuperado el 3 de agosto de 2014 de <http://www.unesco.org.uy/ci/fileadmin/comunicacion-informacion/LibroE-Basura-web.pdf>
25. Suntecún Castellanos, A. (2010). *Tratamiento Primario desechos de las lámparas de vapor de mercurio de alta presión del alumbrado público en las municipalidades de Guatemala*. (Tesis de Maestría en Gestión Industrial). Universidad de San Carlos de Guatemala.
26. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2010). *Los Residuos Electrónicos: Un desafío para la Sociedad del Conocimiento en América Latina y el Caribe*. Uruguay. Recuperado el 22 de enero de 2016 de <http://www.unesco.org.uy/ci/fileadmin/comunicacion-informacion/LibroE-Basura-web.pdf>
27. Unidad de Planeación Minero Energética. Ministerio de Minas y Energía. República de Colombia. (2007). *Guía didáctica para el buen uso de la energía Alumbrado Público Exterior*. Recuperado el 7 de julio de 2014 de [http://www.upme.gov.co/Docs/Alumbrado Edificaciones.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Alumbrado_Edificaciones.pdf)

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

29. Zeceña Zeceña, C. (2013). *Determinación, evaluación y propuesta del manejo de los desechos sólidos del alumbrado público en el departamento de Guatemala* (Informe final, Proyecto FODECYT n. 19-2010). CONCYT, Guatemala.

ANEXOS

ANEXO I. LINEAMIENTOS GENERALES PARA EL TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS POR LAS FOTOCELDAS DE ALUMBRADO PÚBLICO.

Este documento representa un plan de acción para el tratamiento primario de las fotoceldas de alumbrado público. Dentro de este documento se pretende incluir aspectos necesarios como el equipo de protección personal, herramientas y metodología.

Es por ello que se hace indispensable que las municipalidades y empresa privada que generen estos desechos tengan procedimientos para aprovechar los componentes de las fotoceldas que sean reutilizables y también obtener un beneficio económico al momento de que esto ya no pueda realizarse por avería de los componentes.

Uno de los aspectos más importantes para llevar a cabo la actividad es la capacitación del personal que se encarga de colocar y desinstalar las fotoceldas de alumbrado público. Este es generalmente personal de las municipalidades que no han recibido ninguna capacitación con relación a la toxicidad de algunas sustancias presentes en los componentes del alumbrado público.

Equipo de protección personal

Lentes: Debido a pequeñas partes de las fotoceldas que pudieran quebrarse al momento de realizar la separación y al momento de fundir la aleación de estaño – plomo.



Fuente: <http://3mseguridadindustrial.qa.globaldigital.cl>

Guantes de agarre: Para evitar el contacto con materiales tóxicos dentro de la fotocelda y evitar quemaduras.



Fuente: <http://www.exsepca.com>

Mascarilla con filtro de carbono (Recomendable 3M^R 8214): Al momento de fundir la aleación de Estaño- Plomo por la producción de vapores.



Fuente: <http://solutions.3m.com.mx>

Bata de laboratorio: Esta debe ser de manga larga para evitar el contacto de los componentes tóxicos con el cuerpo.



Fuente: <http://solutions.productos3m.es>

Camisa de manga larga de algodón: Para que exista mayor protección del cuerpo al momento de algún incendio.



Fuente: <http://www.cepsa.com>

Pantalón de lona: Para cubrir el cuerpo ya que es resistente al momento de algún incendio.



Fuente: <http://www.cepsa.com>

Zapato tipo bota industrial: Para evitar lesiones al momento de que haya alguna caída del equipo para realizar la separación.



Fuente: <http://www.jhimportaciones.com>

Equipo necesario para realizar la separación de componentes

Cautín: Utilizado para la fundir la aleación de Estaño-Plomo.



Fuente: www.google.com.gt

Bomba de succión para desoldar: Esta se utiliza para limpiar el área de la aleación estaño –plomo y recuperarlo.



Fuente: <http://informatica5.blogspot.com>

Alicates de punta plana: Utilizado para sujetar las piezas que desean retirarse. Además de ser útil para auxiliarse en el trabajo.



Fuente: www.google.com.gt

Destornilladores: Para aflojar tornillos y como palanca para retirar componentes.



Fuente: www.google.com.gt

Multímetro: Utilizado para medir corriente y determinar si los componentes funcionan.



Fuente: www.google.com.gt

Prensa de tornillo (Sargento): Para sostener placas o bases y poder retirar con facilidad componentes.



Fuente: <http://www.thinkstockphotos.com>

Desinstalación de fotoceldas

Para la desinstalación de fotoceldas:

- Retirar la fotocelda de la luminaria utilizando para ello equipo adecuado de seguridad.
- Destinar un lugar dentro de la bodega de almacenaje para ubicar las fotoceldas.
- Determinar si la fotocelda funciona. Para ello se puede fabricar un circuito sencillo para encender y apagar un foco por medio del sensor de luz de la fotocelda.
- Las fotoceldas que funcionan se dejan en cajas rotuladas como tal, las cuales servirán como repuestos.
- Las fotoceldas que no funcionen se colocarán en cajas y se clasificarán por marca y por tipo de funcionamiento (sensor fotoresistivo-electromagnético o de fototransistor de Comando electrónico).
- Ubicar en cajas plásticas de preferencia.

Separación de componentes en las fotoceldas de sensor fotoresistivo-electromagnético

Para ello se debe disponer de cajas e identificar cada una de acuerdo al tipo de componente que contendrá.

- Retirar la cubierta. Si es el caso desatornillar. Utilizar el desarmador para retirar la cubierta con facilidad.
- Remover el visor de la cubierta. Este se retira fácilmente deslizándolo hacia afuera de la cubierta.
- Retirar los conectores. Colocar la base de la fotocelda en la prensa y quitar con el alicate.
- Dejar el empaque en la base negra.
- Retirar los sujetadores unidos a la base negra.
- Retirar la rendija del sensor de luz. Colocar en la caja correspondiente.
- Tomar la base del sensor de luz de la base negra. Y colocar en el lugar correspondiente.
- Retirar la base negra. Colocar en la caja correspondiente.
- Sujetar uno de los componentes con la prensa de tornillo para facilitar la manipulación. Tomar con el alicate las terminales del componente a separar.
- Utilizar el cautín y la bomba de succión para desoldar. Fundir la aleación Estaño – Plomo que une a los componentes.
- Separar cada componente, realizarlo con cuidado para evitar dañar las terminales de los componentes. Colocar en la caja correspondiente.
- Utilizar el multímetro para determinar el flujo de corriente por los terminales de cada componente.
- Los componentes que si funcionan, colocarlos en las cajas identificadas previamente para cada componente, para su reutilización.
- Los componentes defectuosos clasificarlos de acuerdo a su toxicidad y a su aprovechamiento es decir si son reciclables. Colocarlos en cajas diferentes a las que contendrán componentes reutilizables.

Separación de componentes en las fotoceldas de fototransistor de comando electrónico

Para ello se debe disponer de cajas e identificar cada una de acuerdo al tipo de componente que contenga.

- Retirar la cubierta. Si es el caso desatornillar. Utilizar el desarmador plano para retirar la cubierta con facilidad.
- Remover el visor de la cubierta. Este se retira fácilmente deslizándolo hacia abajo.
- Retirar los conectores. Colocar la base de la fotocelda en la prensa y fundir la soldadura con el cautín, utilizar la bomba de succión. Luego retirar los conectores usando para ello el alicate.
- Retirar la base negra y dejar el empaque en la base negra.
- Sujetar la placa o circuito impreso utilizando la prensa de tornillo.
- Utilizar el cautín y la bomba de succión para ir retirando cada componente. Calentar la aleación con el cautín y succionar con la bomba para poder limpiar el área y lograr retirar los componentes con sus terminales. Al momento de realizar la actividad realizarlo de la siguiente manera: Trabajar terminales opuestas para evitar el sobrecalentamiento de los componentes y así evitar que se quemen.



- Luego de retirar todos los componentes: diodos, capacitores electrolíticos, condensadores, resistencias, circuitos integrados, fototransistor, relé etc. Medir con el multímetro el paso de corriente.
- Los componentes que funcionen, colocarlos en las cajas identificadas previamente para cada componente.
- Los componentes defectuosos clasificarlos de acuerdo a su toxicidad y a su aprovechamiento es decir si son reciclables.
- Colocarlos en cajas diferentes a las que contendrán componentes reutilizables.

ANEXO II. FIGURAS DE LOS COMPONENTES DE LAS FOTOCELDAS

Figura 17. **Fotoceldas proporcionadas por las Municipalidad de San Diego, Zacapa**



Fuente: elaboración propia (2016).

Figura 18. **Prueba de funcionamiento para los fotocontroles**



a. Base para fotocelda y cable para armar el circuito. B. Circuito armado y fotocelda conecta a la base. c. Foco del circuito encendido al no detectar la luz la por la fotocelda.

Fuente: elaboración propia (2016).

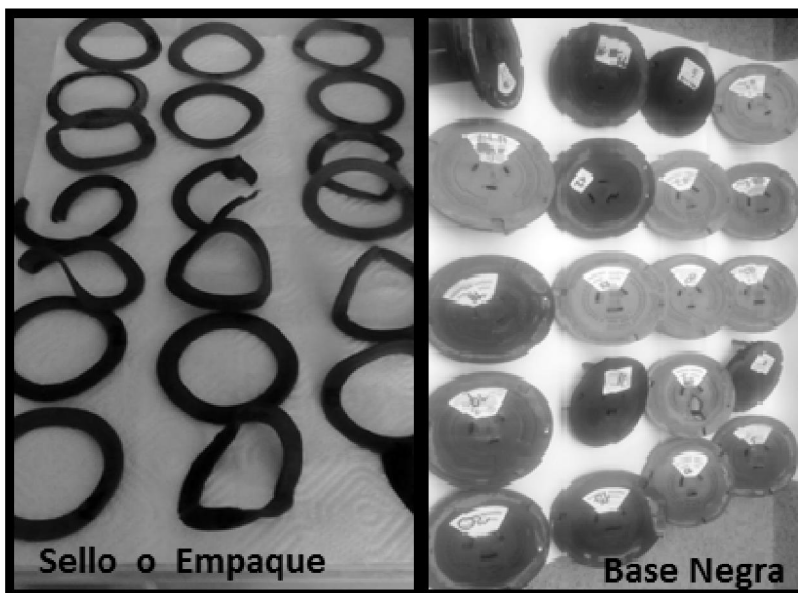
Figura 19. **Separación primaria para las fotoceldas. Cubierta, visor y base**



Muestra de fotoceldas trabajadas todas con la cubierta y el visor retirado y colocado junto a cada fotocelda como muestra el inserto.

Fuente: elaboración propia (2016).

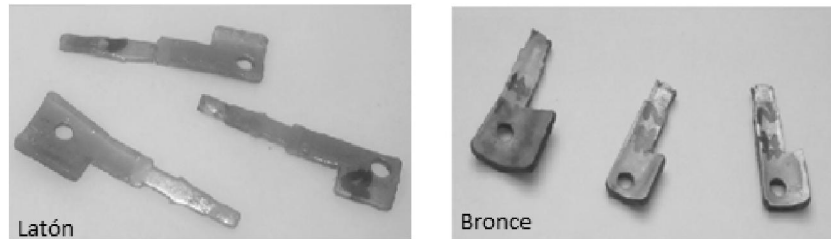
Figura 20. **Algunos componentes de protección de las fotoceldas**



Sellos o empaques retirados de la base negra para la muestra de fotoceldas trabajadas.

Fuente: elaboración propia (2016).

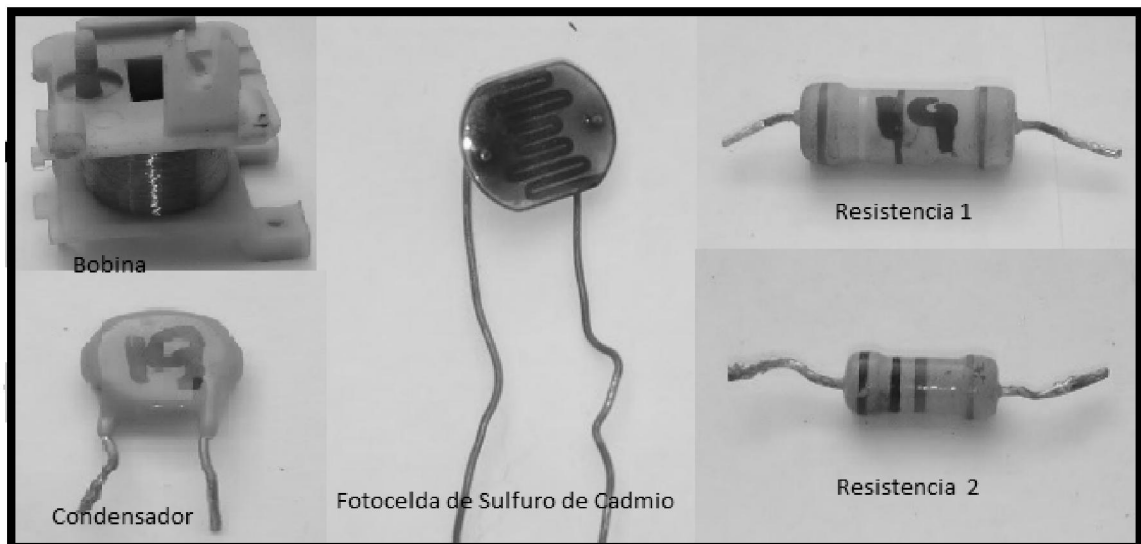
Figura 21. **Conectores o terminales de las fotoceldas**



Conectores de Latón y Bronce pertenecientes a las fotoceldas de fototransistor con Comando electrónico y sensor fotoresistivo-electromagnético respectivamente.

Fuente: elaboración propia (2016).

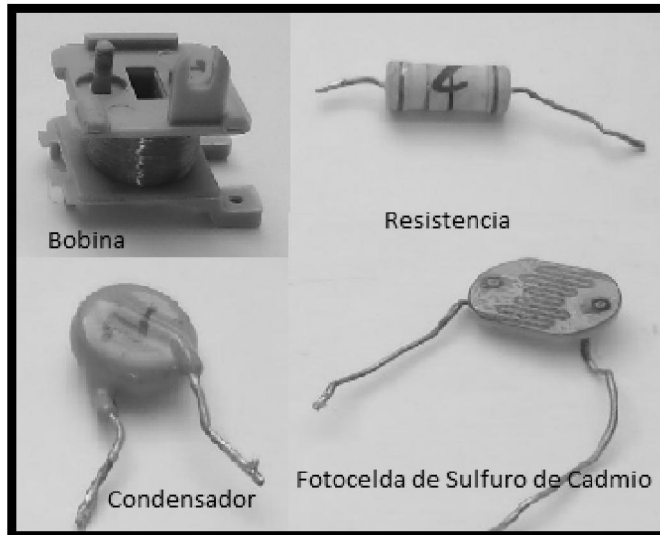
Figura 22. **Componentes electrónicos de la fotocelda marca A de sensor fotoresistivo-electromagnético**



Componentes electrónicos: bobina, condensador, fotocelda de Sulfuro de Cadmio y resistencias.

Fuente: elaboración propia (2016).

Figura 23. **Componentes electrónicos de la fotocelda marca B de sensor fotoresistivo- electromagnético**



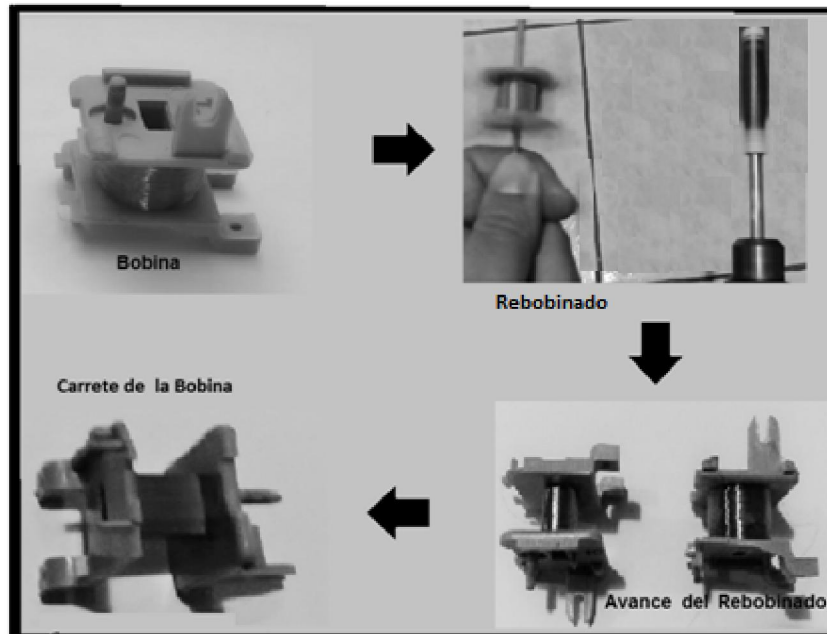
Componentes electrónicos: bobina, condensador, resistencia, fotocelda de Sulfuro de Cadmio.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Figura 24. **Bobinas de las fotoceldas trabajadas por sensor fotoresistivo- electromagnético**



Bobinas obtenidas de las 15 fotoceldas de sensor fotoresistivo-electromagnético de la muestra.
Fuente: elaboración propia (2016).

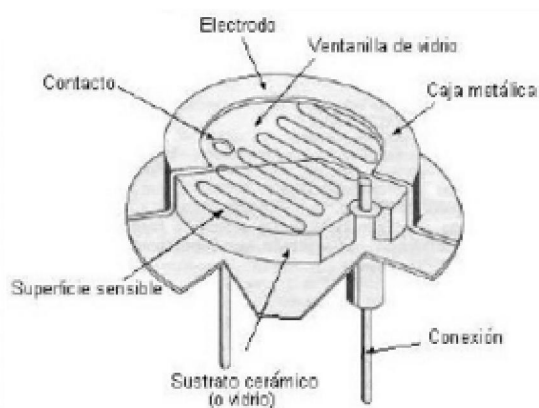
Figura 25. **Rebobinado de Cobre para fotoceldas por sensor fotoresistivo-electromagnético**



Cobre de la bobina rebobinado a otro carrete colocado en la broca de un barreno para obtener la masa del carrete de la bobina.

Fuente: elaboración propia (2016).

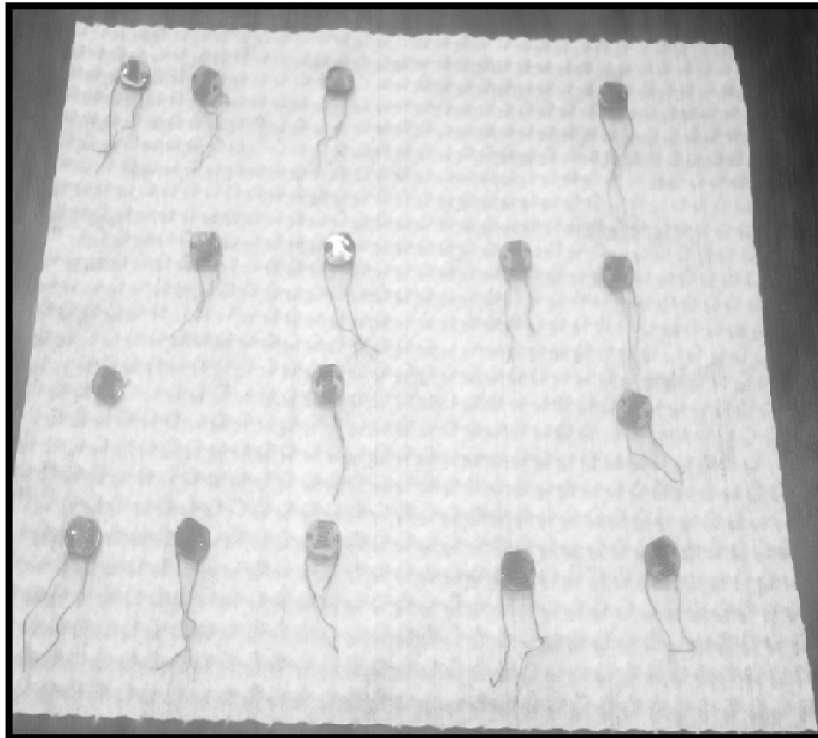
Figura 26. **Construcción de una fotoresistencia**



Fotoresistencia presente en algunas de las fotoceldas estudiadas y la descripción de sus componentes.

Fuente: Valencia, Hernan (2013) Fundamentos de Electrónica Industrial

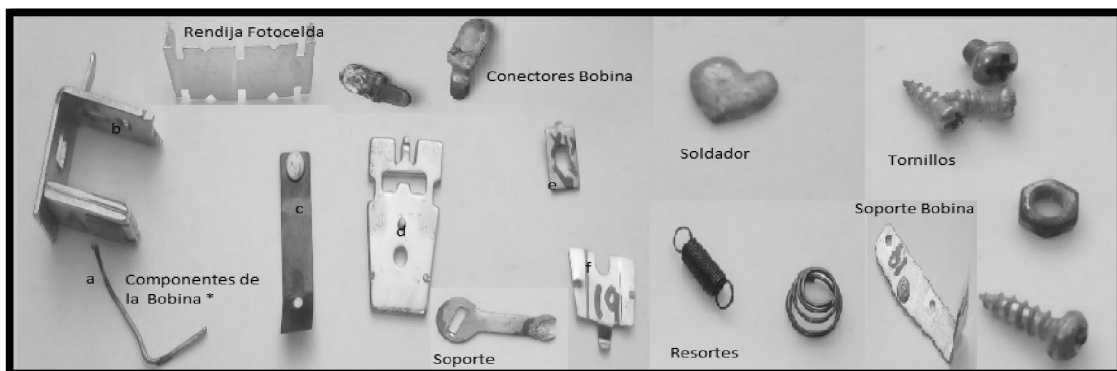
Figura 27. **Fotoretistores de las fotoceldas**



Sensores de luz de Sulfuro de Cadmio obtenidos de las 15 fotoceldas de sensor fotoresistivo-electromagnético y 1 de comando electrónico de la muestra.

Fuente: elaboración propia (2016).

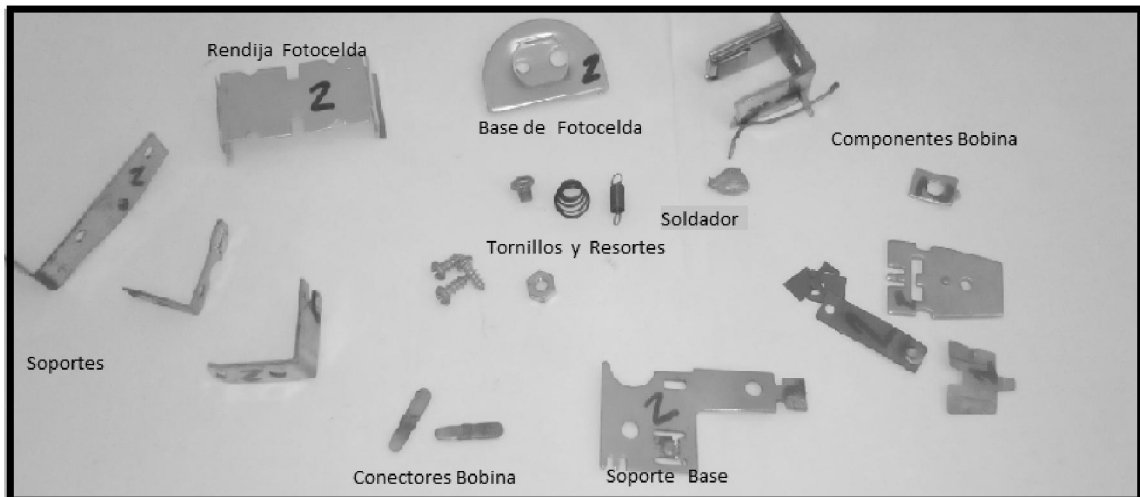
Figura 28. **Componentes de soporte y complemento de la fotocelda marca A de sensor fotoresistivo-electromagnético**



Componentes que se utilizan para sujetar y otros para permitir el flujo de corriente con otros componentes.

Fuente: elaboración propia (2016).

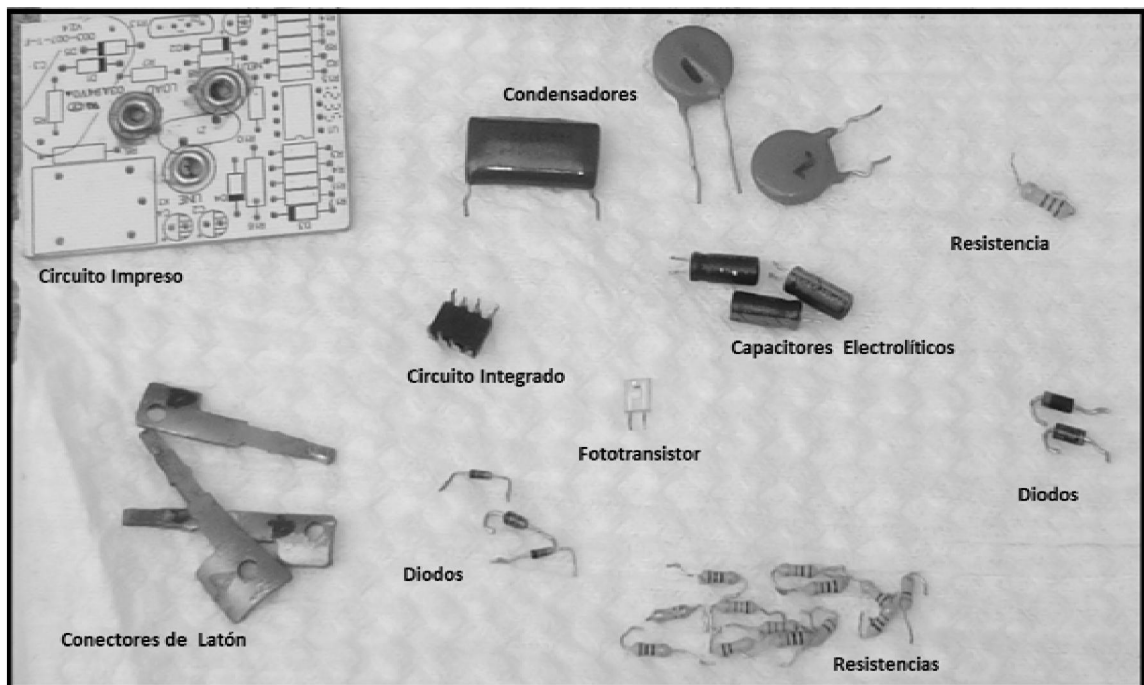
Figura 29. Componentes de soporte y complemento fotocelda B SFR- EM



Componentes que se utilizan para sujetar y otros para permitir el flujo de corriente con otros componentes.

Fuente: elaboración propia (2016).

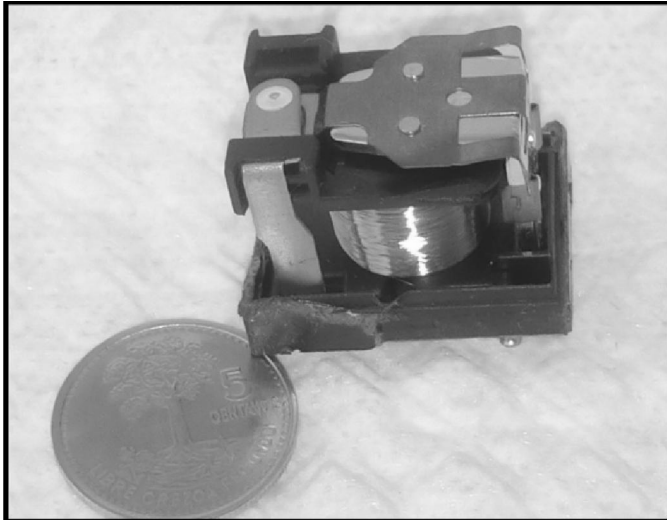
Figura 30. Componentes fotocelda marca D SFR –CE



Componentes electrónicos de la fotocelda de comando electrónico con sensor fototransistor.

Fuente: elaboración propia (2016).

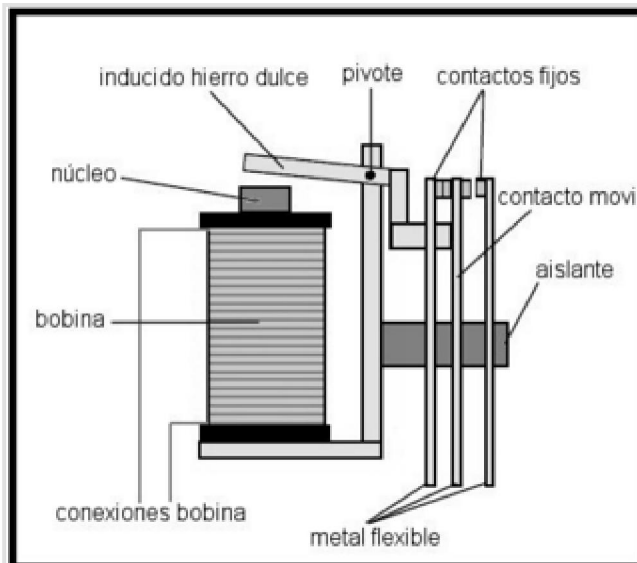
Figura 31. **Apariencia interna de un relé electromagnético**



Relé electromagnético sin cubierta, posee un inductor con cobre embobinado.

Fuente: elaboración propia (2016).

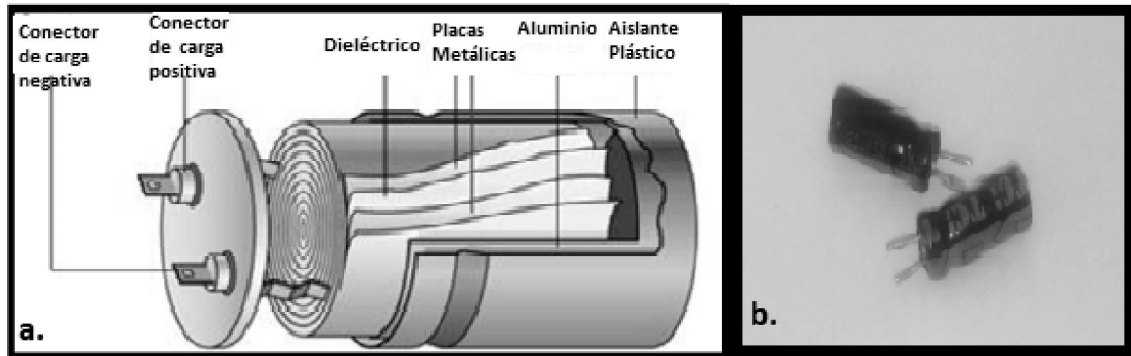
Figura 32. **Diagrama de funcionamiento de un relé electromagnético**



La bobina al conectarse a la corriente se mueve y cambia la posición de los contactos, oponiendo al paso de corriente.

Fuente: <http://tecnologiaanaymarina.blogspot.com>

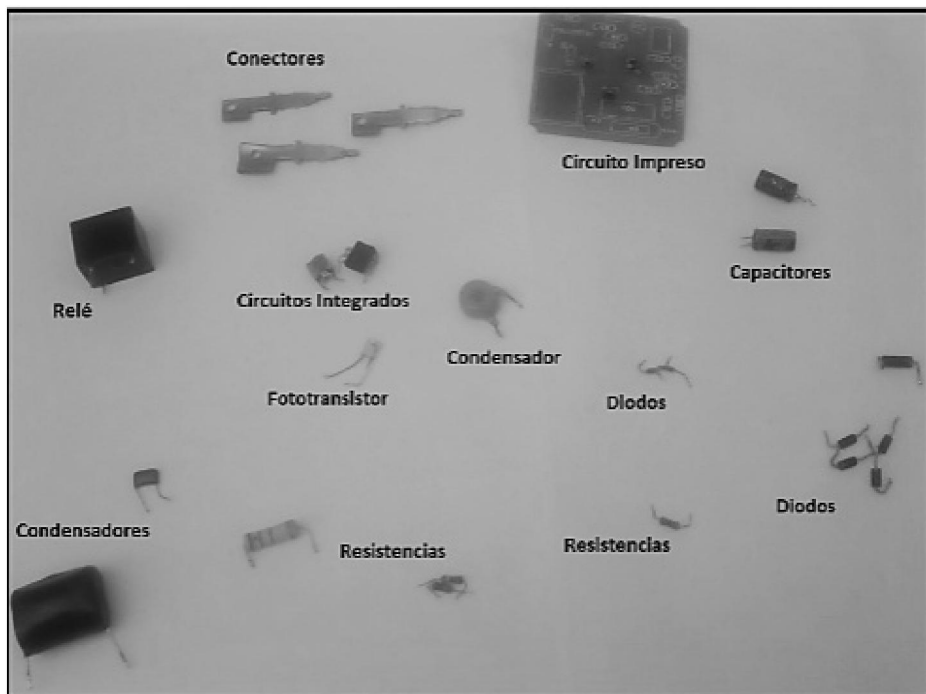
Figura 33. Capacitor electrolítico laminar



a. Vista interna de capacitores electrolítico, que muestra las placas metálicas junto a la placa de material dieléctrico y recubrimiento de aluminio. b. Capacitores electrolíticos presentes en las fotoceldas de comando electrónico.

Fuente: <http://pet3-g8-2011.blogspot.com/tp-n2-capacitores.html>

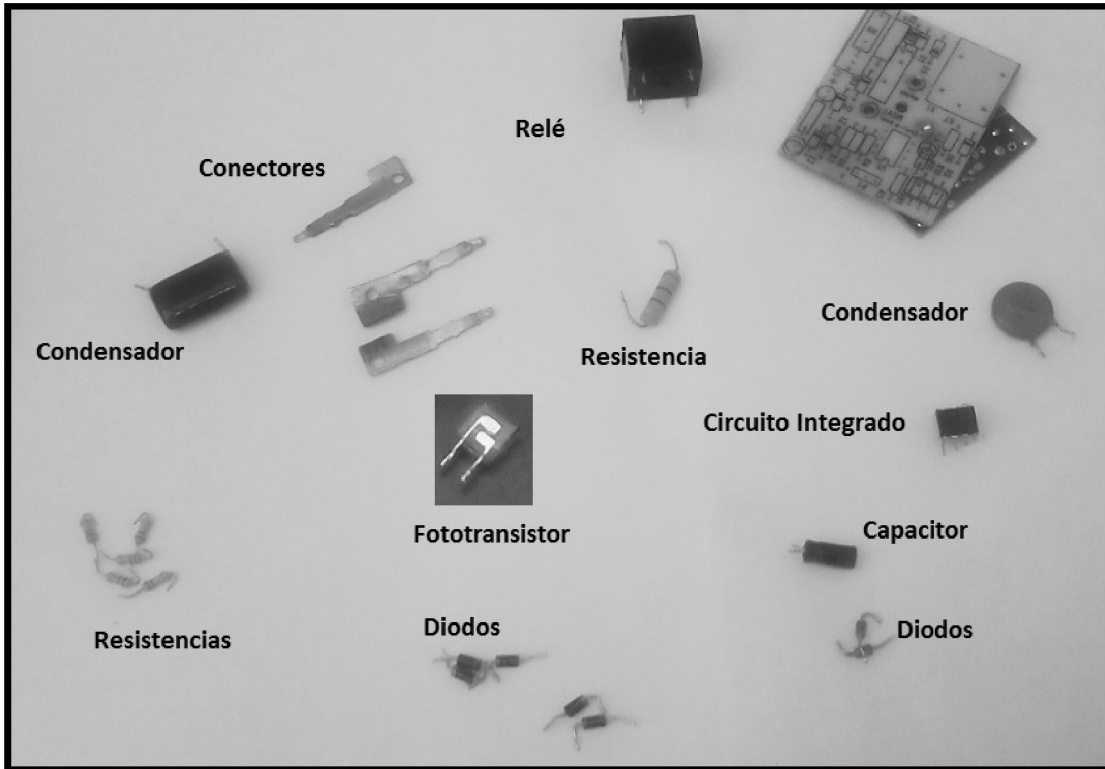
Figura 34. Componentes fotocelda marca B FT- CE



Componentes internos y de funcionamiento de la fotocelda marca B de comando electrónico.

Fuente: elaboración propia (2016).

Figura 35. Componentes fotocelda marca E FT- CE




Componentes internos y de funcionamiento de la fotocelda o fotocontrol de la marca E comando electrónico.

Fuente: elaboración propia (2016).

ANEXO III. HOJA DE DESCRIPCIÓN DE ALGUNAS DE LAS FOTOCELDAS.

- Folp- Suntech



S-Series

CADMIUM SULFIDE SENSOR SOLID STATE PHOTOCONTROLS

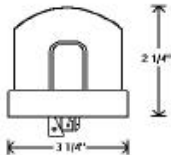
“Optimum Performance with Human Eye Response”

DESCRIPTION

S Series electronic photocontrols have a spectral response that mirrors that of the human eye. Tight On /Off ratios and a cadmium sulfide sensor with minimal sensitivity to invisible light (ultra-violet & infra-red) provide energy savings from minimal burning hours. S Series units have extended life due to non-chatter operation at load break and having the cadmium sulfide sensor operate in a low voltage DC electronic circuit.

FEATURES	BENEFITS
<ul style="list-style-type: none"> • Meets or exceeds ANSI C136.10. • Proven DC circuit design. • Close 1:1.5 on to off operating ratio. • Non-chatter load break. • Light level sensing with a spectral response similar to visible light (not sensitive to UV & IR). • Heavy duty construction. 	<ul style="list-style-type: none"> • 12 year expected life. • Low power consumption and extended life from “cool” operating DC circuit. • Close ratio reduces burning hours at sunrise. • Reduced burning with minimal affect of UV & IR. • Significantly reduced energy costs. • Significantly reduced maintenance costs.

MECHANICAL SPECIFICATIONS



Housing: UV stabilized, impact resistant polypropylene.

Base: High temperature ABS.

Contact Blades: Solid brass, three prong, locking type.

Gasket: Cross linked polyethylene.

Packaging: Individual units are sealed in water resistant plastic.

Weight: 3.0 oz. each, 20 lbs. per 100 unit carton.

Size: 16” x 16” x 12” per 100 unit carton.

Warranty: 6 Year 1 for 1 replacement warranty.

Fuente:http://www.sun-tech.biz/CdS_sensor_photocontrols.html

S-Series

CADMIUM SULFIDE SENSOR SOLID STATE PHOTOCONTROLS

OPERATING SPECIFICATIONS

Operating Voltage:

Model	Voltage	Color
S120	105 - 130	Gray
S124	105 - 305	Blue
S240	195 - 305	Maroon
S480	420 - 530	Yellow

Load Rating:

1000 Watt tungsten, 1800 VA

Life at rated load:

5,000 Operations (13.7 Years)

Power Consumption:

1.0 watts average @ 120 volts
 1.6 watts average @ 208 volts
 1.9 watts average @ 240 volts
 2.1 watts average @ 277 volts

Moisture Resistance:

100% RH.

Standard Surge Protections:

- 90 Joule (4,500 Amps) MOV.
- 160 Joule (6,500 Amps) MOV.
- 2 160 Joule (10-13,000 Amps) MOV.
- 320 Joule (13,000 Amps) MOV.

Operating Light Levels:

+/- 0.1 fc. from specified turn-on level.
 1:1.5 Average turn-on to turn-off ratio.

Photosensor:

- Conformally coated cadmium sulfide photocell.
- Encapsulated cadmium sulfide photocell.

Dielectric Strength:

5,000 Volts between any current carrying part.

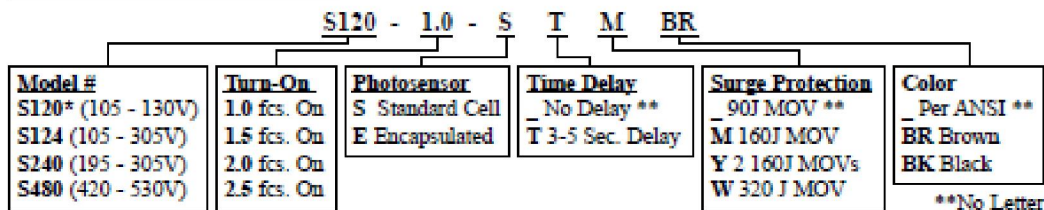
Ambient Temperature Range:

-40°C to +70°C (-40°F to + 158°F).

CROSS REFERENCE

Sun - Tech	Dark to Light
SX120	D120
SX124	D124
SX240	D240
SX480	D480

ORDERING INFORMATION



SX - standard grade electronics



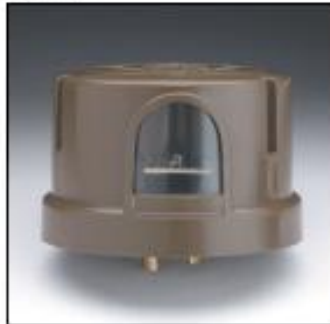
Sun - Tech
 Sunrise Technologies - Affiliate of Electro Switch Corp.

Sunrise Technologies • 54 Commercial St. • Raynham, MA 02767

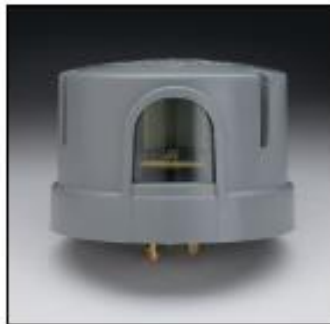
Phone: (508) 821-1597 • Fax: (508) 822-0593 • E-mail: info@sun-tech.biz • www.sun-tech.biz

- DTL

DP SERIES



DE SERIES



DP/DE SHARED FEATURES:

- Complies with ANSI C136.10-1996
- MOV surge protection
- Long life
- Energy efficient
- Six-year warranty
- Available in job packs of J12 or J50
- Multi-volt models available
- DE series has silicon light sensor with infrared blocking filter to give human eye spectral response

Inverse Ratio Controls

Ideal for areas where it is important to turn on lights early but energy costs are a concern. Turn-off level is lower than turn-on levels.

Fail Off Controls

Fail off rather than on to save energy.

- RoHS model available (lead free)
- Silicon light sensor
- Polypropylene cover, neoprene gasket, brass legs, acrylic window
- Base rated for 120°C
- Power consumption: 0.5W
- Load rating: 1000W, 1800VA ballast

- Sealed relay rated for 5,000 operations at full load
- Turn OFF light level is 1.5 times turn ON
- 3.4 ounces each
- -40 to +70°C ambient, up to 90° interface per ANSI
- Dielectric strength: 5000V per ANSI

FREQUENTLY ORDERED NUMBERS

- DP124 1.5 TJJ J50
- DP124 1.5 TJGY J50
- DP124 1.5 TJBK J50
- DP124 1.5 1704 J50
- DP124 8.0 1790 J50
- DE124 1.5 TJBK J50
- DE124 1.5 TJBK J50
- DE124 1.5 TJGY J50
- DE124 1.5 TJU J50
- DE480 1.5 TJ J50

ORDERING INFORMATION

VOLTAGES	TURNOFFLEVEL (ft-cd) ²	TIMEDELAY (seconds)	SURGE PROTECTION	COVER COLOR ¹	JOB PACKS
DE Series²	1.0 Energy saver 1.5 ANSI standard 2.6 E5 recommendad 8.0 Autonik ³ 35 FAA ⁴	T 2-5 second turn-off delay (standard)	J 320,0/10,000 amp MOV	Blank ANSI standard color BK Black BK Brown MR Maroon GR Green GY Gray P Upward facing ¹	J12 12 Units J50 50 Units
DP Series²					
DP124 120/240/277 volts (105-305)					
DP347 347 volts (300-400)					
DP480 480 volts (420-530)					
DP124 Multi-volt Inverse ratio ⁵					
DPF124 Multi-volt fail off					

Notes: 1) Other options available, please contact your local sales representative; 2) Some models available with CSA Listing, please consult factory before ordering; 3) 2.6 Turn on only; 4) Black cover only; 5) DP Series only.

- Fisher - Pierce

FP Outdoor Lighting Controls
Quality Electrical Products
54 Commercial Street
Rayham, MA 02767, U.S.A.
508-884-9732 • Fax: 508-822-0593

FP-7670C



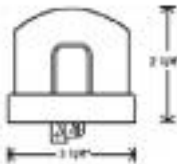
NIGHTSTAR ELECTRONIC ROADWAY PHOTOCONTROL

The Nightstar Sensor System enhanced electronic photocontrol provides consistent, reliable, repeatable switching. The Nightstar sets a new standard for light sensing. The performance of the Nightstar is unsurpassed, providing a long, maintenance-free life.

FEATURES & BENEFITS

- Full ANSI C136.10 Compliance
- Silicon Light Sensing Providing Consistent, Repeatable Operation
- D.C. Positively Switched Relay Exceeds ANSI Load Life Requirements
- Temperature Rated For Floodlighting Fixtures
- Fastest Delivery Time in the Industry
- Custom Stocking Programs Available

MECHANICAL DATA



Housing:	UV stabilized impact resistant polypropylene.
Base:	High temperature ABS.
Contact Blades:	Solid brass, three prong, locking type.
Gasket:	Cross linked polyethylene
Packaging:	Individual units are sealed in water resistant plastic.
Weight:	3.0 oz. each, 20 lbs. per 100 unit carton.
Size:	16" x 16" x 12" per 100 unit carton.

SPECIFICATIONS

Input Voltage Options: 105-130Vac, 50/60 Hz, 185-305Vac, 50-60 Hz, 105-305Vac, 50/60 Hz	Operational Delay: Instant On, 2-5 Seconds Off
Load Switching Capability: 5,000 operations at ANSI specified load test levels	Operating Temperature: -40_C to +70_C Humidity: 99% RH at 50_C
Rated Load: 1,000W/1,800VA	Turn On to Turn Off Ratio: 1:1.5 Standard
Sensor Type: Filtered Silicon Available	Surge Protection: 190J Standard, 380J Option

www.fpolc.com * info@fpolc.com

Fuente: <http://www.fisherperceolc.com/pdf/FP-7670C.pdf>

- Rong - Cheng



SHANGHAI RONGCHENG ELECTRONICS CO.,LTD.

chinese Index Brief Photocontrols Relays Equipment Contact

PHOTOCON RC-701A L-S-SERIES
 RC-701B and MIN C-701C
 RC-701C
 others

The Product Has Been Certificate By UL(American) And CUL (Canada)

File Number: E225839



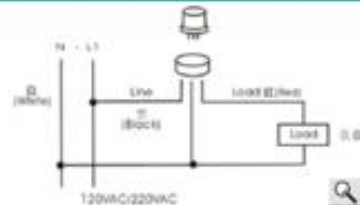
The photocontrols RC-701C series are applicable to control the street lighting, garden lighting, passage lighting and doorway lighting automatically in accordance with the ambient natural lighting level. RC-701C is designed on the basis of electromagnetic relay structure to provide a wide rating voltage range and make changeover in a wink.

The products provide twist lock terminals meeting the requirement of ANSI C136.10-1988 and UL773. RC-701C has been listed by UL and CUL INC under the File number E225839. The receptacle RC-200 is also available.

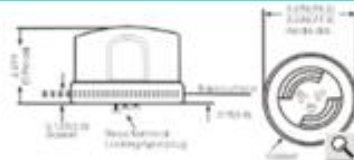
TECHNICAL DATE

POWER CONSUMPTION	1.8VA
RATED LOADING	1800W TUNGSTEN 1000VA BALLAST
OPERATE LEVEL	10-20LX ON 30-60LX OFF
ON-OFF OPERATION	OVER 5000
AMBIENT TEMPERATURE	-40;±--70;±e
RELATED HUMIDITY	99%RH
NET WEIGHT	110 G

WIRING DIAGRAM



OVERALL DIMENSIONS




MODEL RATED VOLTAGE

RC701C(120V)	105V-130V	50HZ/60HZ
RC701C(220V)	220V-245V	50HZ/60HZ
RC701C(120V-277V)	120V-277V	50HZ/60HZ

Fuente: [http:// www.rongchen.com/e/01c.htm](http://www.rongchen.com/e/01c.htm)


ANEXO IV. HOJA DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS TÓXICAS PRESENTES EN LAS FOTOCELDAS.

- Aleación estaño plomo



STEREN
soluciones en electrónica

HOJA DE SEGURIDAD- SOLDADURA



SECCIÓN 1: INFORMACIÓN GENERAL

NOMBRE DEL PRODUCTO: SOLDADURA FLUX-CORED, ALEACIÓN ESTAÑO/PLOMO Y SOLDADURAS

SECCIÓN 2: INGREDIENTES Y RIESGOS

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS: Aleación estaño/plomo
CLASIFICACIÓN DE MATERIAL PELIGROSO Y FIGURA: Contiene plomo perjudicial
 Contiene resina irritante

INGREDIENTES PELIGROSOS	WT%	NÚMERO C.A.S.	ESTÁNDAR ORGÁNICO
Estaño / SN	60-64	7440-31-5	N/A
Plomo / PB	36-40	7439-92-1	N/A

SECCIÓN 3: RIESGOS A LA SALUD

INHALACIÓN: Cuando esté soldando y la temperatura sube hasta 500°C, el humo generado podría causar anemia, constipación, dolor abdominal. Una inhalación excesiva podría ser peligroso para la sangre, los nervios, la fertilidad, el sistema digestivo y el sistema urinario. Además, el humo del estaño puede ser peligroso para el sistema nervioso de los niños y las mujeres embarazadas.

CONTACTO CON LA PIEL: El fundido y las altas temperaturas de la aleación de estaño/plomo pueden provocar quemaduras en la piel.

CONTACTO CON LOS OJOS: El humo puede provocar irritación o alergias en los ojos.

INGESTIÓN: Puede provocar vómito; la ingestión periódica puede causar parálisis del sistema nervioso en brazos y tobillos.

SINTOMAS DE PELIGRO: Ojos irritados, dolor de cabeza, alergias.

Fuente: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:->

[PQFouaZkwJ:imagenes.steren.com.mx/doctosMX/SOLDADURA2_HOJA%2520SEGURIDAD.](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:-PQFouaZkwJ:imagenes.steren.com.mx/doctosMX/SOLDADURA2_HOJA%2520SEGURIDAD.doc+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=gt)

[doc+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=gt](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:-PQFouaZkwJ:imagenes.steren.com.mx/doctosMX/SOLDADURA2_HOJA%2520SEGURIDAD.doc+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=gt)



SECCIÓN 4: PRIMEROS AUXILIOS

INHALACIÓN:	Retire a la persona de la exposición del humo y colóquela en lugar donde existe aire fresco, posteriormente obtenga ayuda médica.
CONTACTO CON LA PIEL:	Enjague el área afectada con agua jabonosa, utilice agua fría y acuda con un doctor para su tratamiento en caso de ser necesario.
CONTACTO CON LOS OJOS:	Enjague los ojos con gran cantidad de agua y acuda al doctor para su atención.
INGESTION:	Acuda con un doctor para su tratamiento

SECCIÓN 5: PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSIÓN.

EXTINTORES:	CO ₂ , Polvo químico, extintor tipo burbuja, agua.
PELIGROS CUANDO SE USAN EXTINTORES:	Dispersión de la aleación fundida, cuando se utiliza agua puede provocar
PROCEDIMIENTOS ESPECIALES DE COMBATE AL FUEGO:	No hay recomendaciones.
MEDIDAS DE PROTECCIÓN PARA BOMBEROS:	Ropa de protección y equipos de aire son requeridos

SECCIÓN 6: PROPIEDADES TOXICOLÓGICAS

Nivel de toxicidad:	
EFFECTOS AGUDOS:	Posible causa de irritación en ojos, nariz, garganta y piel.
EFFECTOS LOCALES:	Ninguno conocido
SENSIBILIDAD:	Ninguna conocida
EFFECTOS POR EXPOSICIÓN PROLONGADA:	Problemas respiratorios o de la piel
EFFECTOS ESPECIALES:	Ninguno conocido

SECCIÓN 7: DATOS ECOLÓGICOS

Efectos posibles al ambiente:

1. Dispersión a la tierra
2. Dispersión al agua
3. Dispersión al aire

Fuente:http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:-PQFouaZwkwJ:imagenes.steren.com.mx/doctosMX/SOLDADURA2_HOJA%2520SEGURIDAD.doc+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=gt



SECCIÓN 8: DISPOSICIÓN DE DESECHOS

MÉTODO DE DISPOSICIÓN DE DESECHOS: El metal de soldadura puede ser reciclado por petición

SECCIÓN 9: INFORMACIÓN DE ENTREGA

REGULACIÓN INTERNACIONAL DE ENTREGA: LATA – Regulación de artículos peligrosos, sin restricción
CÓDIGO UN: No regulado
REGULACIÓN DE ENTREGA DOMÉSTICA: Regulación de seguridad en transporte terrestre. (art. 84) Regulaciones de carga en artículos peligrosos. Regulaciones de artículos peligrosos en transporte por ferrocarril

METODO ESPECIAL DE ENTREGA Y PRECAUCIONES: Ninguna conocida.

SECCIÓN 10: LEYES Y REGULACIONES

Conforme a la regulación:

1. Seguridad en el trabajo y regulación de equipos sanitarios
2. Estándares para la densidad de materiales peligrosos en ambientes de trabajo.
3. Reglas de identificación para materiales peligrosos y dañinos.
4. Estándares para disposición y tratamiento de desechos y facilidad de requisitos.
5. Reglas de seguridad para transporte terrestre.

Nota: Estos datos están basados en nuestro conocimiento actual. Sin embargo, esto no constituye una garantía para las características de ningún producto en específico, y no se establece ninguna relación contractual legalmente válida.

Fuente:<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:->

[PQFouaZwkWJ:imagenes.steren.com.mx/doctosMX/SOLDADURA2_HOJA%2520SEGURIDAD.doc+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=gt](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:-PQFouaZwkWJ:imagenes.steren.com.mx/doctosMX/SOLDADURA2_HOJA%2520SEGURIDAD.doc+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=gt)

- Arseniuro de Galio (GaAs)



Click <http://www.guidechem.com/cas-1303-00-0.html> for suppliers of this product.

Gallium arsenide (GaAs) (cas 1303-00-0) MSDS

1. IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/MIXTURE AND OF THE COMPANY/UNDERTAKING

1.1 Product Identifiers

Product name : Gallium arsenide
 Product Number : 651486
 Brand :
 Index-No. : 033-002-00-5
 CAS-No. : 1303-00-0

1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

Identified uses : Laboratory chemicals, Manufacture of substances

2. HAZARDS IDENTIFICATION

2.1 Classification of the substance or mixture

Classification according to Regulation (EC) No 1272/2008 [EU-GHS/CLP]

Acute toxicity, Oral (Category 3)
 Acute toxicity, Inhalation (Category 3)
 Acute aquatic toxicity (Category 1)
 Chronic aquatic toxicity (Category 1)

Classification according to EU Directives 67/548/EEC or 1999/45/EC

Toxic by inhalation and if swallowed. Very toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.

2.2 Label elements

Labelling according Regulation (EC) No 1272/2008 [CLP]

Pictogram



Signal word : Danger

Hazard statement(s)

H301 + H331 : Toxic if swallowed or if inhaled
 H410 : Very toxic to aquatic life with long lasting effects.

Precautionary statement(s)

P261 : Avoid breathing dust.
 P273 : Avoid release to the environment.
 P301 + P310 : IF SWALLOWED: Immediately call a POISON CENTER or doctor/physician.

P311 : Call a POISON CENTER or doctor/physician.
 P501 : Dispose of contents/ container to an approved waste disposal plant.

Supplemental Hazard Statements : none

According to European Directive 67/548/EEC as amended.

Hazard symbol(s)



R-phrases(s)

R23/25 : Toxic by inhalation and if swallowed.
 R50/53 : Very toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.

S-phrases(s)

S20/21 : When using do not eat, drink or smoke.
 S28 : After contact with skin, wash immediately with plenty of water.
 S45 : In case of accident or if you feel unwell, seek medical advice immediately (show the label where possible).
 S60 : This material and its container must be disposed of as hazardous waste.
 S61 : Avoid release to the environment. Refer to special instructions/ Safety data sheets.

2.3 Other hazards - none

3. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Fuente: <http://www.guidechem.com/msds/1303-00-0.html>

- 3.1 **Substances**
- | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|---------------|
| Formula | : As ₂ Ga ₃ | |
| Molecular Weight | : 144,64 g/mol | |
| Component | | Concentration |
| Gallium arsenide | | |
| CAS-No. | 1303-00-0 | |
| EC-No. | 215-114-8 | |
| Index-No. | 033-002-00-5 | |
4. **FIRST AID MEASURES**
- 4.1 **Description of first aid measures**
- General advice**
Consult a physician. Show this safety data sheet to the doctor in attendance.
- If inhaled**
If breathed in, move person into fresh air. If not breathing, give artificial respiration. Consult a physician.
- In case of skin contact**
Wash off with soap and plenty of water. Take victim immediately to hospital. Consult a physician.
- In case of eye contact**
Flush eyes with water as a precaution.
- If swallowed**
Never give anything by mouth to an unconscious person. Rinse mouth with water. Consult a physician.
- 4.2 **Most important symptoms and effects, both acute and delayed**
To the best of our knowledge, the chemical, physical, and toxicological properties have not been thoroughly investigated.
- 4.3 **Indication of any immediate medical attention and special treatment needed**
no data available
5. **FIREFIGHTING MEASURES**
- 5.1 **Extinguishing media**
- Suitable extinguishing media**
Use water spray, alcohol-resistant foam, dry chemical or carbon dioxide.
- 5.2 **Special hazards arising from the substance or mixture**
Arsenic oxides, gallium oxides
- 5.3 **Advice for firefighters**
Wear self contained breathing apparatus for fire fighting if necessary.
- 5.4 **Further information**
no data available
6. **ACCIDENTAL RELEASE MEASURES**
- 6.1 **Personal precautions, protective equipment and emergency procedures**
Wear respiratory protection. Avoid dust formation. Avoid breathing vapors, mist or gas. Ensure adequate ventilation. Evacuate personnel to safe areas. Avoid breathing dust.
- 6.2 **Environmental precautions**
Prevent further leakage or spillage if safe to do so. Do not let product enter drains. Discharge into the environment must be avoided.
- 6.3 **Methods and materials for containment and cleaning up**
Pick up and arrange disposal without creating dust. Sweep up and shovel. Keep in suitable, closed containers for disposal.
- 6.4 **Reference to other sections**
For disposal see section 13.
7. **HANDLING AND STORAGE**
- 7.1 **Precautions for safe handling**
Avoid contact with skin and eyes. Avoid formation of dust and aerosols. Provide appropriate exhaust ventilation at places where dust is formed.
- 7.2 **Conditions for safe storage, including any incompatibilities**
Store in cool place. Keep container tightly closed in a dry and well-ventilated place.
- 7.3 **Specific end uses**
no data available
8. **EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION**

Fuente: <http://www.guidchem.com/msds/1303-00-0.html>

8.1 Control parameters

Components with workplace control parameters

8.2 Exposure controls

Appropriate engineering controls

Avoid contact with skin, eyes and clothing. Wash hands before breaks and immediately after handling the product.

Personal protective equipment

Eye/face protection

Face shield and safety glasses. Use equipment for eye protection tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or EN 166(EU).

Skin protection

Handle with gloves. Gloves must be inspected prior to use. Use proper glove removal technique (without touching glove's outer surface) to avoid skin contact with this product. Dispose of contaminated gloves after use in accordance with applicable laws and good laboratory practices. Wash and dry hands.

The selected protective gloves have to satisfy the specifications of EU Directive 89/686/EEC and the standard EN 374 derived from it.

Body Protection

Complete suit protecting against chemicals. The type of protective equipment must be selected according to the concentration and amount of the dangerous substance at the specific workplace.

Respiratory protection

Where risk assessment shows air-purifying respirators are appropriate use a full-face particle respirator type N99 (US) or type P2 (EN 143) respirator cartridges as a backup to engineering controls. If the respirator is the sole means of protection, use a full-face supplied air respirator. Use respirators and components tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or CEN (EU).

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

9.1 Information on basic physical and chemical properties

a) Appearance	Form: crystalline Colour: grey
b) Odour	no data available
c) Odour Threshold	no data available
d) pH	no data available
e) Melting point/freezing point	1,239,85 °C
f) Initial boiling point and boiling range	no data available
g) Flash point	not applicable
h) Evaporation rate	no data available
i) Flammability (solid, gas)	no data available
j) Upper/lower flammability or explosive limits	no data available
k) Vapour pressure	no data available
l) Vapour density	no data available
m) Relative density	5,31 g/mL at 25 °C
n) Water solubility	no data available
o) Partition coefficient: n-octano/water	no data available
p) Autoignition temperature	no data available
q) Decomposition temperature	no data available
r) Viscosity	no data available
s) Explosive properties	no data available
t) Oxidizing properties	no data available

9.2 Other safety information

no data available

10. STABILITY AND REACTIVITY

10.1 Reactivity

no data available

10.2 Chemical stability

no data available

10.3 Possibility of hazardous reactions

no data available

10.4 Conditions to avoid

no data available

10.5 Incompatible materials

Strong oxidizing agents, Strong acids

10.6 Hazardous decomposition products

Other decomposition products - no data available

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

11.1 Information on toxicological effects

Acute toxicity

LD50 Intrapertoneal - mouse - 4.700 mg/kg

Remarks: Peripheral Nerve and Sensation: Flaccid paralysis without anesthesia (usually neuromuscular blockage). Behavioral: Somnolence (general depressed activity). Behavioral: Food intake (animal).

Skin corrosion/irritation

no data available

Serious eye damage/eye irritation

Eyes - rabbit - No eye irritation - OECD Test Guideline 405

Respiratory or skin sensitization

mouse - Did not cause sensitization on laboratory animals.

Germ cell mutagenicity

Genotoxicity in vitro - mouse - lymphocyte - with or without metabolic activation - negative

Genotoxicity in vivo - mouse - male and female - Inhalation - negative

Carcinogenicity

This is or contains a component that has been reported to be carcinogenic based on its IARC, OSHA, ACGH, NTP, or EPA classification.

IARC: 1 - Group 1: Carcinogenic to humans (Galium arsenide)

Reproductive toxicity

Reproductive toxicity - rat - Inhalation

Maternal Effects: Other effects. Effects on Embryo or Fetus: Fetotoxicity (except death, e.g., stunted fetus).

Reproductive toxicity - rat - Intra-tracheal

Paternal Effects: Spermatogenesis (including genetic material, sperm morphology, motility, and count).

Reproductive toxicity - mouse - Inhalation

Effects on Fertility: Post-implantation mortality (e.g., dead and/or resorbed implants per total number of implants). Effects on Fertility: Other measures of fertility Specific Developmental Abnormalities: Craniofacial (including nose and tongue).

Specific target organ toxicity - single exposure

no data available

Specific target organ toxicity - repeated exposure

no data available

Aspiration hazard

no data available

Potential health effects

Inhalation

Toxic if inhaled. May cause respiratory tract irritation.

Ingestion

Toxic if swallowed.

Skin

May be harmful if absorbed through skin. May cause skin irritation.

Eyes

May cause eye irritation.

Signs and Symptoms of Exposure

To the best of our knowledge, the chemical, physical, and toxicological properties have not been thoroughly investigated.

Additional Information

RTECS: Not available

Fuente: <http://www.guidechem.com/msds/1303-00-0.html>


- 12. ECOLOGICAL INFORMATION**
- 12.1 Toxicity**
no data available
- 12.2 Persistence and degradability**
no data available
- 12.3 Bioaccumulative potential**
no data available
- 12.4 Mobility in soil**
no data available
- 12.5 Results of PBT and vPvB assessment**
no data available
- 12.6 Other adverse effects**
Very toxic to aquatic life with long lasting effects.
- 13. DISPOSAL CONSIDERATIONS**
- 13.1 Waste treatment methods**
- Product**
Offer surplus and non-recyclable solutions to a licensed disposal company. Dissolve or mix the material with a combustible solvent and burn in a chemical incinerator equipped with an afterburner and scrubber.
- Contaminated packaging**
Dispose of as unused product.
- 14. TRANSPORT INFORMATION**
- 14.1 UN number**
ADR/RD: 1557 IMDG: 1557 IATA: 1557
- 14.2 UN proper shipping name**
ADR/RD: ARSENIC COMPOUND, SOLID, N.O.S. (Gallium arsenide)
IMDG: ARSENIC COMPOUND, SOLID, N.O.S. (Gallium arsenide)
IATA: Arsenic compound, solid, n.o.s. (Gallium arsenide)
- 14.3 Transport hazard class(es)**
ADR/RD: 6.1 IMDG: 6.1 IATA: 6.1
- 14.4 Packaging group**
ADR/RD: II IMDG: II IATA: II
- 14.5 Environmental hazards**
ADR/RD: yes IMDG Marine pollutant: yes IATA: no
- 14.6 Special precautions for user**
no data available
- 15. REGULATORY INFORMATION**
- This safety datasheet complies with the requirements of Regulation (EC) No. 1907/2006.
- 15.1 Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture**
no data available
- 15.2 Chemical Safety Assessment**
no data available
- 16. OTHER INFORMATION**
- Further information**
The above information is believed to be correct but does not purport to be all inclusive and shall be used only as a guide. The information this document is based on the present state of our knowledge and is applicable to the product with regard to appropriate safety precautions. It does not represent any guarantee of the properties of the product. guidechem shall not be held liable for any damage resulting from handling or from contact with the above product. See reverse side of invoice or packing slip for additional terms and conditions of sale.

Fuente :<http://www.guidechem.com/msds/1303-00-0.html>

- Óxido de Cadmio (CdO)


Fichas Internacionales de Seguridad Química

OXIDO DE CADMIO ICSC: 0117





MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA


OXIDO DE CADMIO
 Monóxido de cadmio
 CdO
 Masa molecular: 128.4



Nº CAS 1306-19-0
 Nº RTECS EV1925000
 Nº ICSC 0117
 Nº NU 2570 (compuesto de cadmio)
 Nº CE 049-002-00-0

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. En caso de incendio: se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION	Riesgo de incendio y explosión en contacto con magnesio.		
EXPOSICION		¡EVITAR LA DISPERSION DEL POLVO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
• INHALACION	Tos, dificultad respiratoria, jadeo (síntomas no inmediatos: véanse Notas).	Sistema cerrado y ventilación.	Aire limpio, reposo, posición de semincorporado y proporcionar asistencia médica.
• PIEL	Enrojecimiento.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
• OJOS	Enrojecimiento, dolor.	Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada con la protección respiratoria, si se trata de polvo.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto, si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	Calambres abdominales, diarrea, náuseas, vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Enjuagar la boca y proporcionar asistencia médica.
DERRAMAS Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Recoger con aspirador el material derramado, recoger cuidadosamente el residuo y trasladarlo a continuación a un lugar seguro. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal adicional: respirador de filtro P3 contra partículas tóxicas).		Separado de ácidos, magnesio y alimentos y piensos. Mantener en lugar bien ventilado.	Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos. símbolo T R: 49-22-48/23/25 S: 53-45 Nota: E Clasificación de Peligros NU: 6.1 Contaminante marino. CE:
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 0117		Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994	



Fuente: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Fichero/s/101a200/nspn0117.pdf>

Fichas Internacionales de Seguridad Química

OXIDO DE CADMIO

ICSC: 0117

D A T O S I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FISICO; ASPECTO Cristales marrones o polvo amorfo, inodoro.</p> <p>PELIGROS FISICOS</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.</p>
	<p>PELIGROS QUIMICOS La sustancia se descompone al calentarse intensamente, produciendo humos tóxicos de cadmio. Reacciona violentamente con magnesio, causando peligro de incendio y explosión. Reacciona con ácidos y oxidantes.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 0.01 mg/m³ (como Cd); polvo total A2 (ACGIH 1993-1994). TLV (como TWA): 0.002 mg/m³ (como Cd); fracción respirable (ACGIH 1993-1994).</p>	<p>RIESGO DE INHALACION La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire cuando se dispersa, especialmente si está en forma de polvo.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La inhalación del aerosol puede originar edema pulmonar (véanse Notas). La exposición por encima del OEL puede causar la muerte. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetida. La sustancia puede afectar al riñón y al pulmón, dando lugar a alteraciones renales y lesiones en los tejidos. Esta sustancia es probablemente carcinógena para los seres humanos. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.</p>
PROPIEDADES FISICAS	<p>Punto de sublimación: 1559°C (cristales) Punto de fusión (se descompone): 900-1000°C (amorfo)</p>	<p>Densidad relativa (agua = 1): 6.95 (amorfo); 8.15 (cristales) Solubilidad en agua: Ninguna</p>
DATOS AMBIENTALES	<p>A lo largo de la cadena alimentaria de interés para el ser humano, se produce una bioacumulación, especialmente en plantas y alimentos procedentes del mar. Se aconseja firmemente impedir que el producto químico se incorpore al ambiente.</p>	
NOTAS		
<p>Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se ven agravados por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. Debe considerarse la inmediata administración de un aerosol adecuado por un médico o persona por él autorizada. NO llevar a casa la ropa de trabajo.</p> <p style="text-align: right;">Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-61G11b</p>		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 3-164 OXIDO DE CADMIO		
ICSC: 0117		OXIDO DE CADMIO
© CCE, IPCS, 1994		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	<p>Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).</p>	



© INSHT

Fuente: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/101a200/nspn0117.pdf>

- Dióxido de estaño (SnO₂)

Fichas Internacionales de Seguridad Química

DIOXIDO DE ESTAÑO ICSC: 0954

DIOXIDO DE ESTAÑO
 Óxido de estaño (IV)
 Óxido estánnico
 SnO₂
 Masa molecular: 150.70

N° CAS 18282-10-5
 N° RTECS XQ4000000
 N° ICSC 0954

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			
EXPOSICION		¡EVITAR LA DISPERSION DE POLVOS!	
• INHALACION	Tos.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
• PIEL		Guantes protectores.	Aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
• OJOS		Gafas de protección de seguridad o protección ocular en combinación con protección respiratoria si se trata de polvo.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después consultar a un médico.
• INGESTION			
DERRAMAS Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente, recoger cuidadosamente el residuo, trasladarlo a continuación a un lugar seguro. (Protección personal adicional: respirador de filtro P2 para partículas nocivas).			
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 0954		Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994	

Fuente: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Fichero/s/901a1000/nspn0954.pdf>

Fichas Internacionales de Seguridad Química

DIOXIDO DE ESTAÑO

ICSC: 0954

D A T O S I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FISICO; ASPECTO Polvo blanco o ligeramente gris.</p> <p>PELIGROS FISICOS</p> <p>PELIGROS QUIMICOS Reacciona violentamente con trifluoruro de cloro. En contacto con trisulfuro de hidrógeno, se produce una violenta descomposición e ignición. Se reduce violentamente por magnesio al calentarse intensamente, con peligro de incendio y explosión.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 2 mg/m³ (como Estaño) (ACGIH 1990-1991).</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol.</p> <p>RIESGO DE INHALACION La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION El aerosol de esta sustancia irrita el tracto respiratorio.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA Los pulmones pueden ser afectados por la exposición prolongada o repetida dando lugar a una neumoconiosis benigna (estannosis).</p>
PROPIEDADES FISICAS	Punto de sublimación: 1800-1900°C Punto de fusión: 1127°C	Densidad relativa (agua = 1): 6.95 Solubilidad en agua: Insoluble
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
También se le conoce como flores de estaño. En la naturaleza se encuentra como mineral de casiterita. El producto comercial se conoce también como polvo pulidor, polvo de masilla o		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 1-098 DIOXIDO DE ESTAÑO		
ICSC: 0954	© OCE, IPCS, 1994	DIOXIDO DE ESTAÑO
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la OCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).	

© INSHT

Fuente: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/901a1000/nspn0954.pdf>

- Sulfuro de Cadmio (CdS)

Fichas Internacionales de Seguridad Química

SULFURO DE CADMIO		ICSC: 0404 Abril 2007	
CAS: 1306-23-6 RTECS: EV3150000 NU: 2570 CE Índice Anexo I: 048-010-00-4 CE / EINECS: 215-147-8		Monosulfuro de cadmio CdS Masa molecular: 144,5	
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SINTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	Evitar las llamas.	Agua pulverizada, polvo.
EXPLOSIÓN			
EXPOSICIÓN		EVITAR LA DISPERSIÓN DEL POLVO (EVITAR TODO CONTACTO)	
Inhalación	Tos.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
Piel		Gautes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada con protección respiratoria si se trata de polvo.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad).
Ingestión	Diarrea. Náuseas.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Dar a beber uno o dos vasos de agua.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Protección personal: filtro para partículas adaptado a la concentración de la sustancia en aire. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente; si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión. Recoger cuidadosamente el residuo, trasladarlo a continuación a un lugar seguro. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente.		No transportar con alimentos y piensos. Envase inrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente inrompible cerrado. Contaminante marino grave. Clasificación UE Símbolo: T, N R: 45-22, 48/23/25-62, 63-68-53 S: 53-45-61 Nota: E. Para preparados, Nota: 1 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 6.1 Grupo de Envasado NU: III Clasificación GHS Peligro Puede provocar cáncer. Provoca daño en el riñón, los huesos y el tracto respiratorio tras exposiciones prolongadas o repetidas. Puede ser nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
		Medidas para contener el efluente de extinción de incendios. Separado de oxidantes fuertes, ácidos fuertes, y de alimentos y piensos. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.	
Preparado en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2007			
VEASE INFORMACION IMPORTANTE AL DORSO			

Fuente: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/401a500/nspn0404.pdf>

Fichas Internacionales de Seguridad Química

SULFURO DE CADMIO

ICSC: 0404

DATOS IMPORTANTES

ESTADO FÍSICO; ASPECTO

Cristales amarillo pálido o naranja o polvo de amarillo a marrón.

PELIGROS QUÍMICOS

La sustancia se descompone al arder, produciendo humos tóxicos. Reacciona con oxidantes fuertes. Reacciona con ácidos formando un gas tóxico (sulfuro de hidrógeno).

LÍMITES DE EXPOSICIÓN

TLV: como Cd (Fracción respirable) como TWA, 0,002 mg/m³, A2 (suspensión de ser cancerígeno humano); (ACGIH 2007).
MAK: Cd y compuestos inorgánicos (Fracción inhalable) H (absorción dérmica); Cancerígeno: categoría 1; Mutágeno: categoría 3A; (DFG 2006).

VÍAS DE EXPOSICIÓN

La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.

RIESGO DE INHALACIÓN

Puede alcanzarse rápidamente una concentración nociva de partículas suspendidas en el aire cuando se dispersa, especialmente si está en forma de polvo.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN

Puede causar irritación mecánica en los ojos.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA

La sustancia puede afectar al riñón, a los huesos y al tracto respiratorio, dando lugar a alteraciones renales, osteoporosis (debilidad ósea) e inflamación crónica del tracto respiratorio. Esta sustancia es carcinógena para los seres humanos.

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de sublimación: 980°C
Densidad: 4,8 g/cm³

Solubilidad en agua: ninguna

DATOS AMBIENTALES

Puede producirse una bioacumulación de esta sustancia a lo largo de la cadena alimentaria, p. ej. en los vegetales y en alimentos marinos. Evite de forma efectiva que el producto químico se incorpore al ambiente.

NOTAS

Hay poca información sobre los efectos de este compuesto. Los efectos sobre la salud indicados se basan principalmente en estudios realizados con otros compuestos de cadmio. Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. La soldadura de superficies tratadas con sulfuro de cadmio emiten óxido de cadmio altamente tóxico que puede dañar agudos en el pulmón (ver FISQ 0117 - monóxido de cadmio). NO llevar a casa la ropa de trabajo. Cadmium golden 366, Cadmium lemon yellow, Cadmium orange, Cadmium primrose 819, Cadmium yellow 10G conc., Cadmium yellow conc. primrose, Cadmospur golden yellow N, Cadmospur yellow, Capsebon, y Ferro lemon yellow son nombres comerciales.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2011):

VLA-ED: (como Cd) fracción inhalable 0,01 mg/m³; fracción respirable 0,002 mg/m³

C1B (Sustancia carcinógena de categoría 1B)

Notas: Esta sustancia tiene establecidas restricciones a la fabricación, comercialización o al uso especificadas en el Reglamento REACH; véase UNE EN 481: Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles.

VLB: 5 µg/l creatinina en orina de cadmio; 5 µg/L en sangre de cadmio. Nota F

NOTA LEGAL

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, auto de la versión española.

© IPCS, CE 2007

Fuente: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/401a500/nspn0404.pdf>

- Cromo (Cr)

Fichas Internacionales de Seguridad Química

CROMO ICSC: 0029



CROMO
 (polvo)
 Cr (metal)
 Masa atómica: 52,0

Nº CAS 7440-47-3
 Nº RTECS GB4200000
 Nº ICSC 0029

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Combustible en condiciones específicas.	Evitar las llamas si se encuentra en forma de polvo.	En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION		Evitar el depósito del polvo; sistema cerrado, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión del polvo.	
EXPOSICION		EVITAR LA DISPERSION DEL POLVO!	
• INHALACION	Tos.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
• PIEL		Guañas protectoras.	Quitar las ropas contaminadas. Adular la piel con agua abundante o ducharse.
• OJOS	Enrojecimiento.	Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca.
DERRAMAS Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente; si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión. Protección personal: respirador con filtro P2 para partículas nocivas.			
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 0029		Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 2005	

Fuente: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0029.pdf>

Fichas Internacionales de Seguridad Química

CROMO

ICSC: 0029

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FÍSICO; ASPECTO Polvo gris.	
	PELIGROS FÍSICOS Es posible la explosión del polvo si se encuentra mezclado con el aire en forma pulverulenta o granular.	RIESGO DE INHALACION Se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire cuando se dispersa.
	PELIGROS QUÍMICOS El Cr es una sustancia catalítica y puede reaccionar en contacto con muchas sustancias orgánicas e inorgánicas, originando peligro de incendio y explosión.	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION Puede causar irritación mecánica en los ojos y el tracto respiratorio.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV (como Cr metal, compuestos de Cr(III)): 0.5 mg/m ³ (como TWA), A4 (ACGIH 2004). MAK no establecido.	
PROPIEDADES FÍSICAS	Punto de ebullición: 2642°C Punto de fusión: 1900°C	Densidad (g/cm ³): 7.15 Solubilidad en agua: Ninguna.
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
La superficie de las partículas de cromo se oxida a óxido de cromo (III) al aire. Ver ICSC 1531.		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 5-056 CROMO		Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: http://www.insht.es/
ICSC: 0029	CROMO	
© CCE, IPCS, 2005		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales.	

© INSHT

Fuente: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0029.pdf>