



Universidad de Concepción



ESTABLECIENDO LAS BASES PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL EN EL CEMENTERIO GENERAL DE CONCEPCIÓN

Habilitación presentada para optar al título de

Ingeniero Ambiental

PAMELA ANDREA ESPINOZA FLORES

Profesor Guía: Patricia González Sánchez

Concepción, Chile
2018



“Estableciendo las bases para el diseño de un sistema de gestión ambiental en el Cementerio General de Concepción”.

PROFESOR GUÍA: Dra. PATRICIA GONZÁLEZ SÁNCHEZ

PROFESOR CO-GUÍA: Dr. ROBINSON TORRES SALINAS

PROFESOR COMISIÓN: Dr. CAROLINA BAEZA FREER

CONCEPTO: APROBADO CON DISTINCIÓN MÁXIMA

Conceptos que se indica en el Título

- ✓ Aprobado por Unanimidad : (En Escala de 4,0 a 4,9)
- ✓ Aprobado con Distinción (En Escala de 5,0 a 5,6)
- ✓ Aprobado con Distinción Máxima (En Escala de 5,7 a 7,0)

Concepción, diciembre 2018



100 AÑOS
DE
DESARROLLO
LIBRE DEL
ESPIRITU

AGRADECIMIENTOS

Durante mi trayectoria como estudiante, he aprendido de mis errores, desaciertos y que la vida tiene caminos extraños que es indispensable vivir para ser un ser humano glorioso y de calidad, es por esto que agradezco profundamente a mis padres Ivonne Flores y Luis Espinoza, por estar a mi lado en este camino de manera incondicional y por ser también quienes fortalecieron y desplegaron su apoyo en todo momento, por aceptar mis decisiones y depositar su confianza en mí.

A todas las personas que han formado parte de mi desarrollo académico y en la finalización de esta etapa, en especial a mi profesora querida, Dra. Patricia González, por su cálido apoyo en todo momento.

A mi familia querida, abuelas, hermano, sobrino, tíos, primas, y a toda mi familia, por alentarme positivamente.

A la querida área de difusión por potenciar habilidades blandas que nunca pensé tener, a mi queridísima Biblioteca de Matemática en especial a Carmen Gloria Arriagada por el apoyo incondicional y a todas aquellas personas que participaron en mi formación en cada uno de los trabajos que desempeñe a lo largo de mi vida universitaria.

Finalmente a mis amigas, Evelyn Foppiano, Carla Espinoza, Leslie Fuentes, Paulina Henríquez, Karla Cerna, quienes fueron cómplices de mi proceso formativo desde su inicio hasta su fin y todas aquellas amigas y personas que se fueron sumando con apoyo y buenas vibras durante este arduo camino recorrido.

A todas estas personas gracias totales.

INDICE

RESUMEN	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	5
1.2 Control incorporando gestión ambiental.....	7
1.3 Gestión ambiental en Cementerios	8
2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	10
3. OBJETIVOS	10
3.1 General.	10
3.2 Específicos.....	10
4. METODOLOGÍA	11
4.1 Área de estudio.....	11
4.2 Planteamiento de la metodología.....	13
4.3 Recolección de información.....	15
4.4 Caracterización física de residuos	15
4.5 Gestión interna.....	16
4.6 Interpretación y discusión de los resultados.	18
4.7 Diseño de propuestas	19
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
5.1. Servicios y actividades desarrolladas en el CGC.....	20
5.1.1. Servicio de Inhumaciones	20
5.1.2. Servicio de exhumación	20
5.1.3. Servicio de cremación.....	20
5.1.4. Servicio uso de cámaras de conservación	21

5.1.5. Actividades de mantención.	21
5.2. Aspectos ambientales derivados de estos servicios y actividades ejecutadas.....	23
5.3 Identificación cuantitativa.	24
5.3.1. Generación y gastos asociados a Residuos Sólidos.....	24
5.3.1.1 Gastos asociados a Residuos Sólidos.	25
5.3.1.2 Caracterización física de Residuos Sólidos.	26
5.3.1.3 Clasificación de Residuos Sólidos por actividad.	26
5.4 Consumo y gastos de agua.	28
5.5 Consumos y gastos eléctricos.....	34
5.5.1 Sistema eléctrico Crematorio Antiguo y Nuevo.....	35
5.5.2 Identificación cuantitativa de Consumos eléctricos.....	36
5.5.3 Gasto anual de consumos eléctricos.	40
5.6 Gestión ambiental actual mediante lista de chequeo.....	40
6. PROPUESTA PLANES DE MANEJO AMBIENTAL	46
6.1. Propuesta plan de manejo residuos solidos.....	46
6.1.2 Acciones	47
6.1.2.1. Acción primaria a desarrollar.....	47
6.1.2.2. Acción secundaria a proponer.....	48
6.2 Programa uso eficiente y ahorro de agua	48
6.2.1. Objetivo.....	48
6.2.2. Acciones	48
6.2.2.1 Acción primaria a desarrollar.....	49
6.2.2.2 Acción secundaria a proponer.....	49
6.3 Programa uso eficiente y ahorro de energía	50

6.3.1. Objetivo.....	50
6.3.2. Acciones.....	50
6.3.2.1 Acción primaria a desarrollar.....	51
6.3.2.2. Acción secundaria a proponer.....	51
8. ECOMENDACIONES	54
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
10. ANEXOS.....	64
Anexo 10.1: Estimación de consumos eléctricos en cámaras de conservación, proceso de incineración de cuerpos e iluminarias en ambos crematorios.....	64
Anexo 10.2 Diseño planta de compostaje.....	69
Anexo 10.3: Diseño sistema fotovoltaico.....	81

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representación área de estudio.....	12
Figura 2: Esquema organizacional plana directiva CGC.	13
Figura 3: Diagrama causa- efecto.	18
Figura 4: Generación de RS año 2014-2015-2016.....	24
Figura 5: Generación promedio mensual de RS año 2014-2015-2016	25
Figura 6: Gasto anual de RS año 2014-2015-2016.....	26
Figura 9: Layout CGC, medidores de agua.....	28
Figura 10: Consumo anual 4 medidores de agua año 2014-2015-2016 CGC.....	29
Figura 11: Condiciones de llaves, tuberías y malas prácticas de los visitantes... 30	
Figura 12: Consumo promedio mensual para 4 medidores de agua CGC.....	32
Figura 13: Gasto anual de 4 medidores de agua año 2014-2015-2016 CGC.	32
Figura 14: Layout CGC, medidores eléctricos.....	34
Figura 15: Consumo anual de electricidad año 2014-2014-2016 .CGC..	36
Figura 16: Consumo promedio mensual de electricidad para 3 medidores CGC. 39	
Figura 17: Gasto anual de 3 medidores eléctricos año 2014-2015-2016.	40
Figura 18: Diagrama causa-efecto.	44
Figura 19: Generación de residuos con y sin propuesta.	80
Figura 20: Gasto en disposición de residuos con y sin propuesta.....	81
Figura 21: Consumo de energía con y sin propuesta.....	94
Figura 22: Gasto de energía con y sin propuesta.....	95

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Planteamiento de la metodología.....	14
Tabla 2: Lista de chequeo.	17
Tabla 3: Aspectos ambientales cuantificables.	23
Tabla 4: Clasificación de residuos por actividad.....	27
Tabla 5: Detalle consumos eléctricos aproximados en ambos crematorios año 2014-2015-2016.....	38
Tabla 6: Resultado lista de chequeo.....	41
Tabla 7: Resumen diagrama causa-efecto.	45
Tabla 8: Numero de cremaciones ejecutadas año 2015-2016.	66
Tabla 9: Consumos totales y porcentajes CA y CN.	66
Tabla 10: Consumos asociados a la incineración de cuerpos año 2015-2016 , CA y CN.	67
Tabla 11: Consumos asociados a las cámaras de conservación de cuerpos año 2015-2016, CA y CN.	67
Tabla 12: Tabla resumen de consumos aproximados asociados a las cámaras de conservación, incineración e iluminaria año 2015-2016 CA y CN.....	69
Tabla 13: Propiedades fisicoquímicas de residuos de poda y jardín.	72
Tabla 14: Información para obtener volumen de residuos de poda y jardín.	76
Tabla 15: Porcentaje en volumen de residuos de poda y jardín.	78
Tabla 16: Información necesaria para obtener consumo real.....	86
Tabla 17: Radiación global diaria media mensual.	86
Tabla 18: Horas punto solar en base a la radiación global diaria media mensual.	88
Tabla 19: Numero de paneles fotovoltaicos.....	90
Tabla 20: Energía disponible asociada a los paneles fotovoltaicos.	91
Tabla 21: Resumen de datos obtenidos.	93

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, tiene como objetivo general, establecer las bases para la implementación de un sistema de gestión ambiental en el Cementerio General de Concepción, para este estudio CGC.

Para cumplir este objetivo se hizo un levantamiento de información a partir de una metodología descriptiva, que permitió hacer un reconocimiento de lo sucedido al interior del establecimiento. Para esto se utilizaron datos cuantitativos proporcionados por fuentes primarias y secundarias reconociendo las actividades ejecutadas al interior de la institución y las problemáticas económicas asociadas a cada una de ellas. Esto finalmente permitió identificar los aspectos ambientales importantes de reconocer y de interés para el CGC.

Para identificar la gestión actual, se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas a informantes claves, como también una lista de chequeo para lograr reconocer el manejo institucional, todo esto siendo importante para la identificación las problemáticas internas .Posteriormente se procedió al procesamiento de información e interpretación de los resultados para determinar las brechas existentes.

Teniendo todos los antecedentes anteriormente descritos y con ayuda de publicaciones científicas y tesis generadas en otras partes del mundo las cuales fueron guías para este estudio, se procedió a elaborar propuestas de planes de manejo.

En base a lo descubierto, se concluye que los principales aspectos ambientales encontrados, siendo estos prioritarios de abordar son, generación de residuos, consumo de agua y electricidad, los cuales por falta de implementación de alternativas de reducción, generan conflicto de tipo económico dentro del establecimiento.

Se identificó que el consumo de agua es el aspecto ambiental que más problemas trae consigo, debido a que es utilizado directamente por el público visitante, siendo un recurso no limitado y malgastado debido a las malas prácticas, seguido de esto se encuentra la generación de residuos sólidos , siendo un 83% de ellos orgánicos posibles de gestionar reduciendo significativamente el gasto si se maneja de manera sustentable y finalmente se identificó que los mayores consumos eléctricos son asociados a ambos crematorios principalmente iluminaria y consumos de cámaras de conservación de cuerpos.

La investigación reflejó que es factible implementar planes de manejo para cada uno de los aspectos ambientales prioritarios para la institución, arrojando ahorros considerables, por tanto incluirlos implica un cambio importante a nivel económico como también corporativo. Sin embargo, a modo de recomendación es importante que el CGC, incluya una política ambiental y actividades de educación que haga participe a los visitantes, para poder generar soluciones en el menor tiempo posible.

1. INTRODUCCIÓN

La palabra "Cementerio" deriva del griego antiguo que significa "lugar para dormir". La normativa aplicada en Chile le da un significado tradicional descrito en el DTO. 357/1970, Reglamento General de Cementerios Título 1 Artículo II, que señala expresamente que es un establecimiento destinado a la inhumación o la incineración de cadáveres o de restos humanos y a la conservación de cenizas provenientes de incineraciones, pero también son llamados vertederos especiales o un tipo particular de relleno sanitario (Fiedler et al., 2012).

En Chile existen dos clases de cementerios, los generales o públicos pertenecientes a alguna institución del estado y los particulares, siendo estos últimos de culto religioso, indígenas o de corporaciones y fundaciones de beneficencia DTO.357/1970.

En Chile, los cementerios son consideradas instituciones que brindan servicios mortuorios comunes, del cual todos solicitamos regularmente para inhumar algún ser querido, por tanto, no solo son lugares de enterramiento, sino espacios simbólicos que mantienen un registro memorial, que a lo largo de los años forma parte de la cultura de una comunidad, siendo importantes desde el punto de vista patrimonial, debido a que refleja las distintas influencias culturales que se ven reflejados principalmente en la arquitectura. Sin embargo, no se tiene claridad sobre su funcionamiento y las implicancias ambientales que tiene al respecto. Durante muchos años, se les ha mirado desde una perspectiva sanitaria- cultural, sin recordar que están inmersos dentro de un espacio físico, donde ocurren interacciones, las cuales desconocemos en su totalidad, debido a la falta de una mirada integral que aborde el servicio de una manera consiente y sustentable.

Desde el punto de vista ambiental se tiene poca información sobre los procesos que contemplan la desaparición de cuerpos o las implicancias que generan las

actividades que se realizan al interior de un cementerio en Chile. Con respecto a ellos, el país enfrenta diversos desafíos ambientales derivados principalmente de la falta de conocimiento y actualización de la legislación que considere aspectos ambientales relevantes generados en instituciones como estas.

La importancia de los cementerios en Chile, radica principalmente por la necesidad sanitaria de disposición de cadáveres, de manera que queda regulado por el DFL 725/1968 Código Sanitario, cuya última versión es del 23 de septiembre del 2017, mencionando los cementerios en el punto correspondiente al Libro VIII, que hace alusión a las exhumaciones, inhumaciones y traslado de cadáveres y que cementerios tanto públicos como privados, quedan sometidos en lo que se refiere a su instalación, funcionamiento, clausura temporal o definitiva, a lo dispuesto en esta normativa. Agregado a lo anterior, establece que solo los cementerios legalmente autorizados (con autorización sanitaria), podrán ejecutar inhumaciones de cadáveres en lugares establecidos y aquellos establecimientos no autorizados (sin resolución sanitaria) podrán ejecutar inhumaciones, solo con previa autorización del director general de salud. Por otro lado, establece que son las municipalidades las llamadas a instalar cementerios, previa aprobación del Servicio Nacional de Salud, cuando estos fuesen insuficientes dentro de su territorio.

Dentro de la normativa que rige a cementerios chilenos y sumados a la anterior se encuentra el DTO. 357/1970 Reglamento General de Cementerio que en su Artículo 4, hace mención a las autorizaciones para la instalación y funcionamiento, mencionando al Servicio Nacional de Salud, como el ente encargado para ello, siendo ambas normativas las que rigen en la actualidad. Sin embargo, el DTO. 357/1970 hace referencia solo a las actividades operacionales y reglamentarias regidas por el Código Sanitario, más que una gestión integral, por lo que el cumplimiento de la normativa vigente no resguarda ambientalmente las prácticas y actividades cotidianas. Cabe señalar que el Artículo 16 de esta normativa, menciona al componente suelo como única arista ambiental a gestionar, indicando que para construir instituciones como estas, estos deben tener características de

permeabilidad, ser parejos y su pendiente no exceder de un 20%, sin considerar que en la actualidad existen estudios que recomiendan construir cementerios en suelos impermeable, distante de las aguas subterráneas (Bennett y Davies, 2015), (Figuroa, 2010).

Ambas normativas datan del año 1968 (Código Sanitario) y 1970 (Reglamento General de Cementerio), siendo en su conjunto antiguas y desactualizadas, las cuales apuntaron en sus inicio a cubrir las necesidades de la época, sin embargo, en la actualidad no resguarda las necesidades actuales de una sociedad que crece cambia y busca nuevas alternativas de enterramiento.

Hasta hoy, no se exigen estudio riguroso para establecer el estado actual del lugar de emplazamiento y el posible comportamiento que pudiesen tener los distintos compartimientos al exponerse a lo que genera una actividad como esta.

Por otro lado, existe la Ley N° 18.096/1982 que hizo traspaso el año 82 a las municipalidades los cementerios situados en sus respectivos territorios que eran de exclusiva responsabilidad del Servicio de Salud, sin tener claridad de la cantidad de cementerios que contaban con autorización sanitaria para funcionar y aquellos que no.

Durante muchos años se permitió la inhumación en establecimientos no autorizados de manera perpetua, provocando en la actualidad colapsos en ellos. Con respecto a esto, actualmente las municipalidades no cuentan con espacio suficientes para instalar cementerios en sus respectivos territorios, desencadenado problemáticas de tipo territorial y social, debido a que las comunidades no están consiguiendo enterrar a sus seres queridos en sus respectivas localidades, siendo evidenciados estos casos en la quinta región y en el norte de nuestro país.

Para aprobar la instalación de nuevos proyectos de manera obligatoria se debe realizar una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), ingresando al Servicio de Evaluación Ambiental SEA, mediante el Artículo 3 del D.S. N° 40/2012, Reglamento

del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, como tipología g.1.2. alusivo a proyectos de equipamiento que correspondan a predios y/o edificios destinados en forma permanente a salud, educación, seguridad, culto, deporte, esparcimiento, cultura, comercio, servicios, fines científicos o sociales, sin embargo, solo los establecimiento acogidos a la normativa actual, en su mayoría cementerios parque, fundados posterior a la promulgación de la Ley 19.300, ley de bases medio ambientales y siendo de carácter privado ingresan al sistema para su evaluación y posterior aprobación. En la actualidad aquellos que no son considerados cementerios parque, que pertenecen a alguna institución del estado siendo estos en su mayoría los más antiguos de Chile, como lo es el CGC, quedan exentos de cumplir la normativa debido a que fueron fundados antes de ser instaurada la ley generando un desconocimiento de aquellos efectos provocados en el área de emplazamiento.

Un elemento importante a considerar es que todos los proyectos alusivos a cementerios que fueron aprobados hasta la fecha, no consideran de forma minuciosa aspectos ambientales importantes a gestionar en la etapa de operación, como emisiones sólidas, líquidas y gaseosas, derivados de los servicios prestados, o exigencias con respecto a un plan de gestión ambiental o simplemente modelos predictivos que ayuden a tomar mejores decisiones en temas de localización. Cabe mencionar que la normativa chilena no considera esta actividad como posible de contaminar, dejando de lado las emisiones generadas por los hornos crematorio y excluyendo del Decreto 45 norma de incineración y coincineración a este tipo de calderas.

1.1 Antecedentes

Existe relativamente poca investigación sobre el impacto ambiental potencial de los cementerios (Dent y Knight, 1998). Si bien la bibliografía expone sobre la posibilidad de generar contaminación en acuíferos (Usunoff, 2006) lo hacen desde un punto de vista hidrogeológico más que sanitario y ambiental (Dent y Knight, 1998).

Dentro de los pocos estudios encontrados en bibliografía, esta aquel referido a la “*Evaluación del peligro potencial de contaminación de las aguas subterráneas en provincia de Talagante, 2010*” (Figueroa, 2010), estudio que indica que la vulnerabilidad más alta en cuanto a la contaminación de aguas subterráneas serían aquellas zonas donde la profundidad de las napa es menor a los 10mt, con suelos permeables, disminuyendo a un nivel moderado de vulnerabilidad, cuando la profundidad de las aguas superan este último valor.

Es por esto que si estamos en presencia de posible contaminación, es importante que los cementerios sean edificados en áreas impermeables, distante de las aguas subterráneas (Bennett and Davies), porque se generan lixiviados a partir de la descomposición cadavérica el cual contiene sustancias peligrosas, como putrecina, cadaverina, microorganismos patógenos, metales pesados, isótopos radiactivos y dioxinas que pueden pasar a través del suelo y llegar a ellas (Fiedler et al., 2012).

Un informe auspiciado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente el año 1988, ya señalaba que los cementerios en que los cadáveres son enterrados en el suelo, son una adicional fuente potencial de contaminación patógena de aguas subterráneas en áreas residenciales y deberían ser incluidos en el listado de actividades contaminantes (Usunoff, 2006).

En definitiva el impacto ambiental que puede generar un cementerio está asociado a los servicios que preste, como también a las actividades internas que se realicen para su normal funcionamiento (Patricia and Duran, 2005).

Es por esto que hay que considerar que cada paso en la gestión de un cadáver trae consigo todo tipo de emisiones, líquidas, gaseosas, residuos en general, e implica el uso de materiales que no siempre son compatibles con las necesidades ambientales actuales, siendo necesario controlarlos y ser preventivos para evitar un impacto mayor (Santarsiero et al., 2005).

Dentro de instituciones como esta, se registran variados problemas asociados, independientemente de la posible contaminación derivada de las inhumaciones, como por ejemplo, la planificación de la eliminación de los muertos como lo menciona (Bennett and Davies, 2015), que conlleva a un aumento en la demanda de espacio urbano, debido al aumento de la población, por lo que se hace necesario disponer de manera adecuada los cadáveres generando alternativas de sepultura, debido a que las practicas actuales están siendo deficientes. Sumado a lo anterior, el aumento en la generación de residuos sólidos, emisiones de contaminantes derivado de la incineración de cuerpos como material particulado, micro contaminantes orgánicos, dioxinas y furanos (Mininni et al., 2007), accesorios en los ataúdes que pueden contener metales pesados y las telas por lo general de poliéster utilizados para vestir y para envolver la parte interior de los ataúdes, son tratados con productos químicos que generan problemáticas que hay que abordar, para hacer frente a la contaminación (Fründ and Schoenen, 2009).

Por tanto, se hace necesario que se evalúe el servicio y se gestionen de mejor manera los aspectos ambientales propios de estas instituciones, para controlar el poder contaminante y evitar posteriores riesgos (Fiedler et al., 2012).

El país más cercano en donde se han realizado investigaciones referida a la contaminación que generan los cementerios es en Brasil, preferentemente para contaminación de acuíferos, mencionando que los factores que condicionan los terrenos como adecuados para la implementación de cementerios son: áreas elevadas, homogeneidad del suelo, nivel bajo de la napa freática, espesor del área

no saturada y que las diferencias geológicas y de nivel de napa freática influyen en la calidad bacteriológica de las aguas (Espinoza, 2012).

En Chile existe poco conocimiento ambiental de lo que genera esta actividad, la normativa actual no exige evaluación y estudios de la posible contaminación generada, sin embargo, con herramientas de gestión, se pueden mantener controlados los aspectos posibles de controlar, junto con una mirada proactiva y resolutiva por parte de estas instituciones.

1.2 Control incorporando gestión ambiental.

La contaminación provocada por los cementerios es posible controlarla y monitorearla mediante estudios que nos indiquen cuales son los factores a considerar para evitar contaminación en áreas de emplazamiento, sin embargo en la actualidad, aquellos estudios no existen en nuestro país, por lo que es importante considerar herramientas de gestión que nos ayuden a controlar aquellos aspectos ambientales que son posibles de monitorear.

La norma internacional ISO 14001/2004 “Sistemas de gestión ambiental “, puede ser una ayuda sistemática para que instituciones como estas, equilibren sus intereses económicos y financieros con los impactos ambientales generados por sus actividades internas. Una adaptación de esta norma, hacia las necesidades propias, sin acogerse necesariamente a los lineamientos internos de una norma internacional, puede lograr principalmente el control ambiental y económico de las principales actividades ejecutadas. Su atención se centra en la acción y el pensamiento proactivo, en lugar de la reacción y refuerza el control reduciendo considerablemente los riesgos ambientales (Alberto Rino and Salvador, 2017).

En la actualidad, muchas organizaciones están cada vez más preocupadas por alcanzar y demostrar un correcto desempeño ambiental mediante el control de los impactos de sus actividades y actuando bajo el contexto de una legislación

medioambiental vigente, (Alberto Rino and Salvador, 2017), sin embargo, las dificultades para la implementación de un sistema de gestión vienen de la mano con la resistencia al cambio, pérdida de enfoque, comunicación defectuosa, ausencia de incentivos motivacionales y financieros, ambigüedad de la relación entre la reducción de la contaminación versus la rentabilidad y falta de información fiable sobre las diferencias en los beneficios tangibles (Oliveira Roberta and Serra, 2009).

1.3 Gestión ambiental en Cementerios

Últimamente lo que se ha hecho en cementerios chilenos es la valorización patrimonial con el fin de considerar su riqueza arquitectónica, principalmente en aquellos que bordean los 200 años de existencia, sin embargo, en la actualidad no se considera dentro los lineamientos estratégicos una gestión que involucre una estrategia ambiental con una mirada proactiva que controle y tenga conciencia de los aspectos ambientales propios de la actividad mortuoria. Es por esto que incluirla, genera un mejor desempeño ambiental, legitima la actividad, mejora el rendimiento de manera efectiva (Vílchez, 2017), beneficia la imagen corporativa, aumenta la satisfacción del cliente, estandariza los procedimientos y crea conciencia ambiental en los visitantes y el equipo de trabajo, mejorando la gestión interna en su conjunto (Arimura Darnall and Katayama, 2011).

De acuerdo a esto, es importante conocer e identificar los aspectos ambientales asociados a las prácticas habituales dentro de un cementerio chileno, para generar conocimiento que pueda ser beneficioso para la elaboración de pautas que apunten a un mejoramiento continuo. Por otro lado, la identificación de las actividades y los aspectos ambientales implicados en las practicas internas, hacen que se puedan proponer planes de mejoramiento, minimizando significativamente sus implicancias, controlándolas y de esta manera apoyándose en las herramientas de gestión, dar una ayuda consistente, con el fin de mejorar el comportamiento existente dentro de la institución.

El incorporar estrategias de gestión potencia el punto inspirador del derecho ambiental (principio preventivo), que trata de reducir los efectos ambientales negativos antes que se produzcan. Es por esto que dentro del marco de gestión integral, se hace necesario gestionar de manera adecuada los cementerios como lugares depósitos de restos mortales, debido principalmente a que si se hace en sitios no controlados probablemente sean foco de contaminación.

De acuerdo a lo anterior la implementación un plan de gestión y manejo que permita generar las bases para controlar los procedimientos y actividades ambientales conflictivas dentro de la organización y propias de la actividad mortuoria, son parte del desafío que este estudio pretende generar, por lo que el mejoramiento debe apuntar en primera instancia a la identificación de los aspectos conflictivos y de interés. Gran parte del éxito depende de la información entregada y recolectada para hacer frente a nuevos retos ambientales que traerían consigo más beneficios que desventajas para la institución.

Cabe señalar que este estudio se centra en el Cementerio General de Concepción, cementerio chileno que fue fundado en 1823 y forma parte de los cementerios públicos del país, siendo una institución municipal perteneciente a la Ilustre Municipalidad de Concepción y administrado por la corporación SEMCO. Por tanto, la información recolectada revelara lo que sucede exclusivamente al interior de este cementerio.

2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los aspectos ambientales significativos asociado a las actividades propias del Cementerio General de Concepción?

3. OBJETIVOS

3.1 General.

- Establecer las bases de implementación de un sistema de gestión ambiental en el Cementerio General de Concepción.

3.2 Específicos.

- Determinar los aspectos ambientales de las actividades generadas en el Cementerio General de Concepción.
- Identificar los efectos asociados a los aspectos ambientales.
- Proponer las bases de un sistema de gestión ambiental para minimizar los potenciales efectos.

4. METODOLOGÍA

4.1 Área de estudio.

El Cementerio General de Concepción está emplazado en la región del Biobío, provincia de Concepción, muy cercano a la zona urbana, en el Sector Lorenzo Arenas de Concepción a pocos metros de la ribera del Río Biobío y a pocos metros del Cementerio Parque Concepción, cuyo terreno es continuo y colindante. Según el Plano Regulador comunal, se encuentra localizados en un terreno con tipología E4, sector reservado exclusivamente para la localización de equipamiento de salud de escala comunal mayor y sus instalaciones de apoyo. Se emplaza en las coordenadas geográficas 36°49'6.88"S y 73° 4'27.38"O a una elevación de 20 msnm presentando un clima templado marítimo con influencia mediterránea teniendo una temperatura media anual es de 9,1 °C y una máxima que ronda los 20 °C, siendo el promedio en verano de 17 °C y en invierno de 8 °C (Alcaldicio et al.,1983).

El Cementerio tiene una población aproximada de más de 100.000 inhumados, un área de 24 hectáreas aproximadamente y una ocupación estimada del 85% de las cuales aproximadamente 6 están sin construir y 18 hectáreas albergan la población actual, sus edificios administrativos y el nuevo y antiguo crematorio. En la actualidad trabajan aproximadamente 50 personas que cumplen distintas labores al interior, desempeñándose en los distintos servicios que presenta el cementerio a disposición de la ciudadanía.



Figura 1: Representación área de estudio.

El Cementerio General de Concepción es uno de los establecimientos que funciona bajo la administración de la Corporación Social y Cultural de Concepción SEMCO, institución de derecho privado, sin fines de lucro, cuyos socios fundadores son la Ilustre Municipalidad de Concepción y la Unión Comunal de Juntas de Vecinos, con personalidad jurídica aprobada por el decreto N° 207 de 1982, del Ministerio de Justicia, que tiene por finalidad administrar y operar servicios que están a cargo de la Municipalidad de Concepción. Las unidades que podemos encontrar se encuentran en el siguiente esquema.

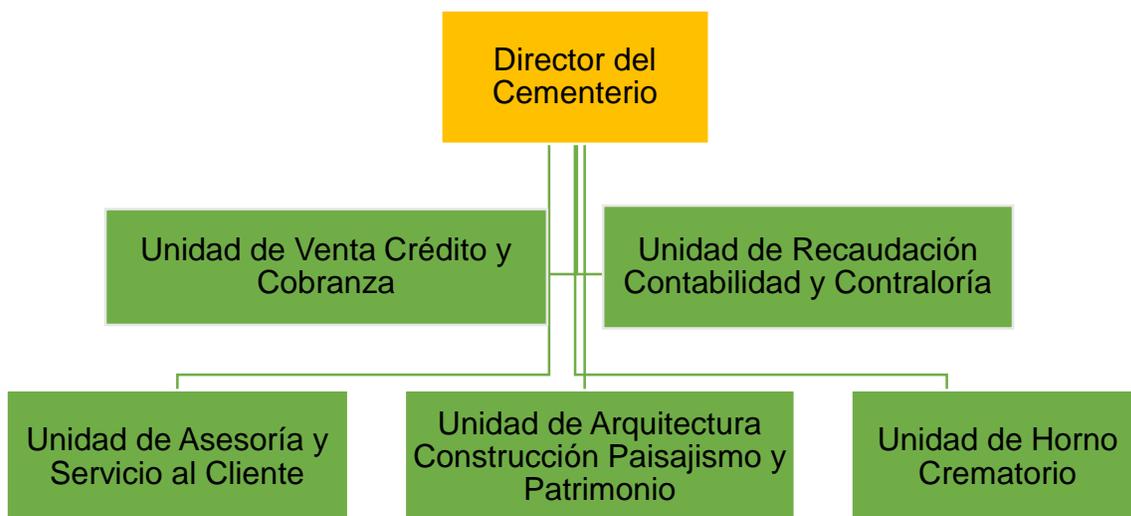


Figura 2: Esquema organizacional plana directiva CGC.

Fuente: Reglamento interno CGC, 1983.

Para poder realizar la investigación se debió cumplir con los permisos correspondientes quienes fueron dados por el director del CGC, Don Ernesto Cruces, con quien se discutió las problemáticas existentes manifestando las prioridades de la institución en términos económico, siendo esta la base para el trabajo de investigación.

4.2 Planteamiento de la metodología.

La metodología utilizada, fue planteada mediante un conjunto de actividades con la finalidad de dar cumplimiento a los objetivos propuestos. El modelo metodológico se describe a continuación en la **Tabla 1**.

Tabla 1: Planteamiento de la metodología.

Objetivos	Actividades	Resultados esperados
<p>Determinar los aspectos ambientales de las actividades generadas en el Cementerio General de Concepción.</p>	<p>Recolección de información.</p>	<p>Recolección de datos cuantitativos (fuentes primarias y secundarias). Caracterización física de residuos sólidos. Descubrir el funcionamiento interno y gestión ambiental actual del CGC a través de entrevistas semiestructuradas y lista de chequeo.</p>
	<p>Plan de análisis.</p>	<p>Procesamiento de la información mediante la evaluación de aspectos por servicios.</p>
<p>Identificar los efectos asociados a los aspectos ambientales.</p>	<p>Plan de análisis</p>	<p>Interpretación y discusión de los resultados mediante gráficos y tablas asociados a aspectos ambientales significativos. Elaborar diagrama causa -efecto (causas de una gestión ambiental deficiente).</p>
<p>Proponer las bases de un sistema de gestión ambiental para minimizar los potenciales efectos.</p>	<p>Diseño de propuestas</p>	<p>Propuestas planes de gestión ambiental en base a las problemáticas encontradas.</p>

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Recolección de información.

La recolección de información se desarrolló previa autorización del director del CGC, la cual fue a través de:

- Conversaciones informales al personal del establecimiento.
- Entrevistas semiestructuradas cara a cara y no gravadas a los jefes de las distintas áreas.
- A través de fuentes primarias y secundarias como documentos contables, páginas webs, reglamento interno, informes técnicos, boletas, facturas, que se obtuvieron a través de la administración.

Con estos antecedentes se hizo una identificación cuantitativa donde se extrajo información de los consumos, generación y gastos asociados a los aspectos ambientales encontrados por servicio y actividades siendo estos definidos en el Reglamento Interno del Cementerio General de Concepción.

Luego de obtener la información mencionada anteriormente se realizaron visitas a la institución con la finalidad de obtener información precisa e identificar en terreno lo que ocurre en la actualidad.

Las visitas a la institución se llevaron a cabo durante aproximadamente 6 meses, con el fin de obtener información sobre las actividades cotidianas, identificación cuantitativa de los aspectos encontrados y la gestión ambiental actual llevados a cabo dentro de la institución.

4.4 Caracterización física de residuos

Para determinar el contenido de los residuos generados por la institución, se hizo una caracterización física en base al estudio, *“Evaluación de alternativas para la construcción del plan de gestión integral de residuos sólidos comuna de Concepción*

PGIR, 2015 ” (Evaluaci Pgirs and Emi, 2015), que determinó que los residuos encontrados en el CGC, eran principalmente flores y un pequeño porcentaje de otro tipo de residuos como canastillos, restos de poliestireno, papeles y otros, resultantes de la mantención del recinto estableciendo que el 83% son orgánicos y un 17% otros.

Para determinar en terreno y corroborar la información proporcionada por este estudio, se analizó el contenido de 15 de los 150 contenedores de 200L que tiene la institución para el depósito de residuos en toda el área del cementerio y una inspección el 1 y 2 de octubre del año 2016 a los 2 contenedor de 20 m³ con el que cuenta el cementerio de manera temporal, para depositar todos los residuos recolectados provenientes de los 150 contenedores.

4.5 Gestión interna.

Para obtener información sobre la gestión interna se hicieron entrevistas semiestructuradas cara a cara y no gravadas, las cuales fueron respondidas a través de informantes claves los cuales fueron:

- Jefe de área de recaudación contabilidad y contraloría
- Jefe administrativo.
- Jefe de la unidad de arquitectura construcción y patrimonio.
- Jefe de operaciones encargo de las actividades en terreno.
- Administrador de ambos crematorios.
- Personal en general.

Para complementar la información se hizo una identificación mediante una lista de chequeo, que se describe a continuación.

Tabla 2: Lista de chequeo.

Aspecto conflictivo	Componente ambiental	Cumplimiento	
		Si	No
Gestión ambiental actual	Presenta una estrategia de gestión ambiental		
	Presenta una política de gestión ambiental		
	Presenta planes de manejo		
	Presenta practicas amigables con el medio ambiente		
	Existen depósitos de residuos sólidos al interior de la institución.		
	Existen suficientes depósitos de residuos sólidos.		
	Se realiza clasificación de residuos		
	Existen depósitos que tengan sistema de clasificación de residuos		
	Existe un centro de acopio de residuos sólidos.		
	Se observa una disposición final correcta.		
	Las calles exteriores se encuentran aseadas y sin residuos en los alrededores		
	Existe iluminaria de consumo bajo de energía		
	Existe evidencia de perdida de energía.		
	Existen medidores en buenas condiciones		
	Los medidores están dentro de las instalaciones del cementerio		
	Las llaves exteriores del establecimiento están en buenas condiciones		
	Existen goteras en las llaves exteriores		
	Existe sistema de riego		
	Se evidencian pérdidas de agua		
	Se evidencian cañerías rotas		
	Existen medidores en buenas condiciones		
	Los medidores están dentro de las instalaciones del cementerio		
	Los baños se encuentran en buenas condiciones		

Fuente: Elaboración propia.

4.6 Interpretación y discusión de los resultados.

La interpretación de los resultados se hizo a través de gráficos los cuales reflejaron el estado de la información cuantitativa que se registró en la primera etapa.

Luego de obtener la información anterior que reflejo principalmente los problemas ambientales de la institución y que están generando conflictos a nivel interno en términos económicos y ambientales, se procedió a determinar mediante un diagrama Ishikawa o causa efecto, las causas del porque existen aspectos ambientales significativo que derivan de la gestión actual. Este diagrama se presenta a continuación:

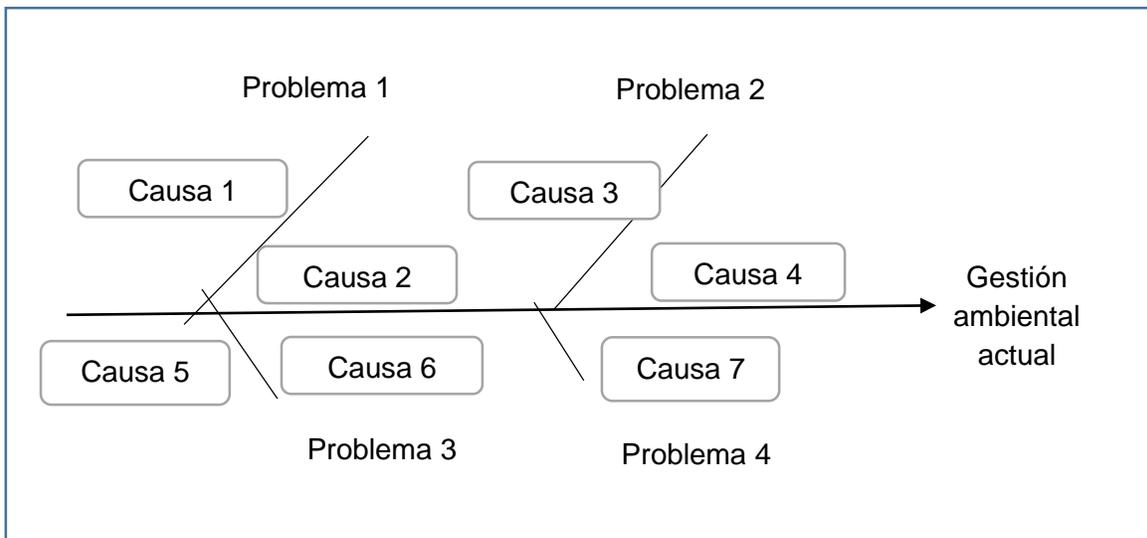


Figura 3: Diagrama causa- efecto.

4.7 Diseño de propuestas

El diseño de propuestas apunta principalmente a entregar lineamientos para la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental.

Para lograrlo, se procedió a hacer una búsqueda bibliográfica que fue de ayuda para generar las propuestas en base a las problemáticas existentes.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Servicios y actividades desarrolladas en el CGC.

A través de fuentes primarias. Se pudo determinar que los principales servicios y actividades ejecutados fueron los siguientes y que se describen a continuación.

5.1.1. Servicio de Inhumaciones

Colocación de restos humanos en lotes de arriendo familiar, mausoleos, nichos, cuya finalidad es la apertura de fosas en terreno libre destinado para este fin. Por cada servicio de inhumación se necesitan 2 operarios, quienes están encargados de abrir y cerrar la fosa.

5.1.2. Servicio de exhumación

Extraer el cadáver del sitio inicial de inhumación. Los restos exhumados son dispuestos en bolsas plásticas en la presencia de un testigo clave que es una persona del Servicio de Salud correspondiente. Entre los residuos recolectados se encuentran prendas de ropa, zapatos, artículos personales, que son llevados a disposición final como residuo tradicional.

5.1.3. Servicio de cremación

Consiste la reducción del cuerpo humano a cenizas, este proceso se hace en un horno de cremación con tecnología termopirolítica de doble cámara, que reduce el cuerpo a osamentas humanas que posteriormente son depositadas en un ánfora y llevados por los deudos para lo que estimen conveniente, el proceso se hace a gas licuado con una duración aproximada de 2 horas. En la actualidad existen 2 edificios crematorios donde se ejecutan servicios, los cuales son manejados por el administrador quien es electromecánico de la Armada de Chile con experiencia por

más de 20 años. El proceso genera residuos como ataúdes que son llevados a disposición final como desecho degradables y prótesis que en ocasiones son extraídas después de la etapa de incineración, sin embargo, estas son devueltas a los parientes de los fallecidos en la gran mayoría de los casos, por tanto, no forman parte de la totalidad de los residuos.

5.1.4. Servicio uso de cámaras de conservación

Dentro de las instalaciones donde están localizados los hornos crematorios se encuentran 6 cámaras de conservación cuya finalidad es preservar cadáveres más tiempo del establecido por normativa y a la espera de ser cremados.

5.1.5. Actividades de mantención.

Dentro de las actividades ejecutadas se encuentran:

- Programa de sanidad ambiental.

Actividad ejecutada para el control de plagas al interior de la institución, específicamente roedores los cuales una vez al año o dependiendo de la eventualidad por parte de la empresa especializada Plagastop, incorporan Detia Raticida (Bromadiolona) o Detia Raticida Plus (Brodifacoum) al 0,005 % p/p potente raticida que controla todo tipo de roedores teniendo una gran efectividad en espacios exteriores.

- Podas

Actividad que se ejecuta principalmente en arbustos y árboles y que impide el desarrollo normal de estos, se realiza principalmente durante 1 mes para lograr el

embellecimiento de las zonas visibles. Estos residuos son recolectados por un camión de $\frac{3}{4}$ toneladas y llevadas al depósito de almacenamiento.

- Recolección de residuos.

Actividad que se realiza diariamente en promedio una vez durante los meses de invierno y dos veces aproximadamente en temporada primavera verano, donde existe mayor concurrencia de gente. Esta operación recolecta desechos de los 150 contenedores de 200 a 150 litros que se encuentran al interior de la institución en distintas zonas de localización los cuales son llevados por un camión pequeño de $\frac{3}{4}$ toneladas a los depósitos de almacenamiento temporal de $20m^3$, los cuales son manejados por la empresa recolectora de residuos sólidos y llevados al relleno sanitario autorizado. En la actualidad trabajan aproximadamente 50 personas que ejecutan diversas labores entre ellas los servicios y actividades mencionadas anteriormente. Si bien la recolección de residuos sólidos es diaria, no es de manera rigurosa, presentando falta de higiene en zonas alejadas del frontis.

- Sustitución de implementos en mal estado.

Actividad que se realiza para mantener los espacios en buenas condiciones y aptas para los visitantes, dentro de las sustituciones se puede encontrar recambio de cañerías, llaves, luminaria interior y exterior entre otras. Si bien existe personal para mantener estos espacios no se destina presupuesto suficiente para mantener principalmente la zona donde los visitantes extraen agua evidenciándose fugas por mal estado de llaves y cañerías.

5.2. Aspectos ambientales derivados de estos servicios y actividades ejecutadas.

Los aspectos ambientales descritos, son aquellos que fueron considerados como prioritarios por parte de la administración y posibles de ser cuantificados, es decir, de aquellos en los que se encontró información de consumos y gasto.

Tabla 3: Aspectos ambientales cuantificables.

Servicios	Aspectos Ambientales
Inhumación	Generación de residuos
Cremación	Generación de residuos
	Consumo eléctrico
Exhumación	Generación de residuos
Cámara de conservación	Consumo eléctrico
Mantenimiento	Generación de residuos
	Consumo eléctrico
	Consumo de agua

Cabe señalar que el cementerio presenta fuentes puntuales de emisión a la atmósfera, ya que cuenta con hornos crematorios que cumplen con todos los requerimientos legales ambientales requerido por la autoridad sanitaria, siendo esta entidad la que otorgo los permisos de funcionamiento en su momento, tal cual como lo indica el DFL 725 Código Sanitario, sin embargo, los incineradores humanos quedan exentos de cumplimiento DS.N°45 Norma de Emisión y Coincineración, por tanto, los cadáveres no entran explícitamente en las categorías reguladas por ley.

Actualmente los hornos crematorios funcionan con resolución sanitaria dada por la autoridad competente, sin embargo, no se les exige seguimiento periódico para el control de sus emisiones, por tanto, no declaran ni se les monitorea debido a que no se les hacen exigencias al respecto.

5.3 Identificación cuantitativa.

5.3.1. Generación y gastos asociados a Residuos Sólidos.

La información reunida mediante documentación primaria, determino que la cantidad de residuos sólidos generados por la institución fue un promedio anual de 350 ton/año, promedio establecido en base al año 2014-2015-2016. Actualmente se puede apreciar que lo recolectado presenta gran heterogeneidad, corroborando que no existe gestión de residuos que apunte a la reducción en el origen. En los 3 años consecutivo de atenciones se determino que anualmente la cantidad de residuos por año fue la siguiente:

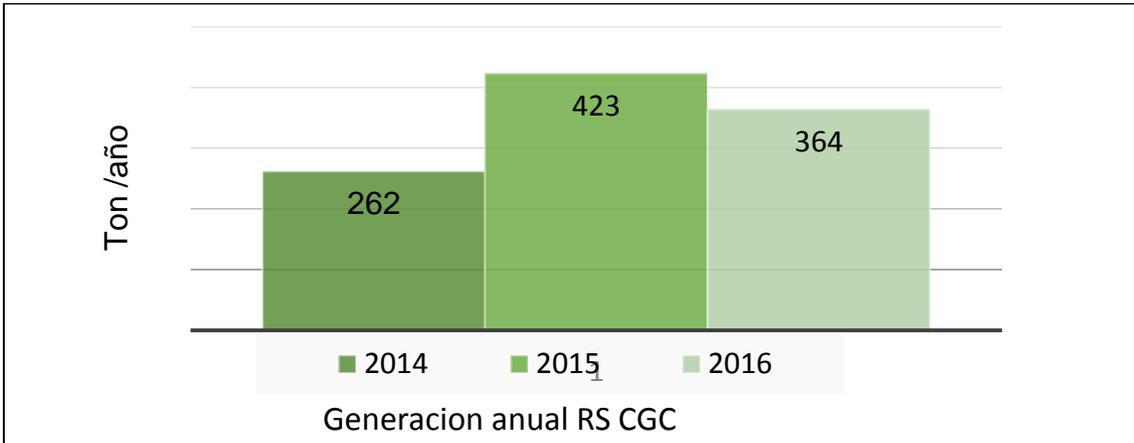


Figura 4: Generación de RS año 2014-2015-2016.

Siendo el 2015 el año donde la institución registro mayores generaciones como lo indica la **Figura 4** con 423 ton/año.

El promedio mensual para los 3 años de estudio, se presenta a continuación en la siguiente figura destacando el mes de octubre el cual presenta un alza significativa de 53 ton/mes.

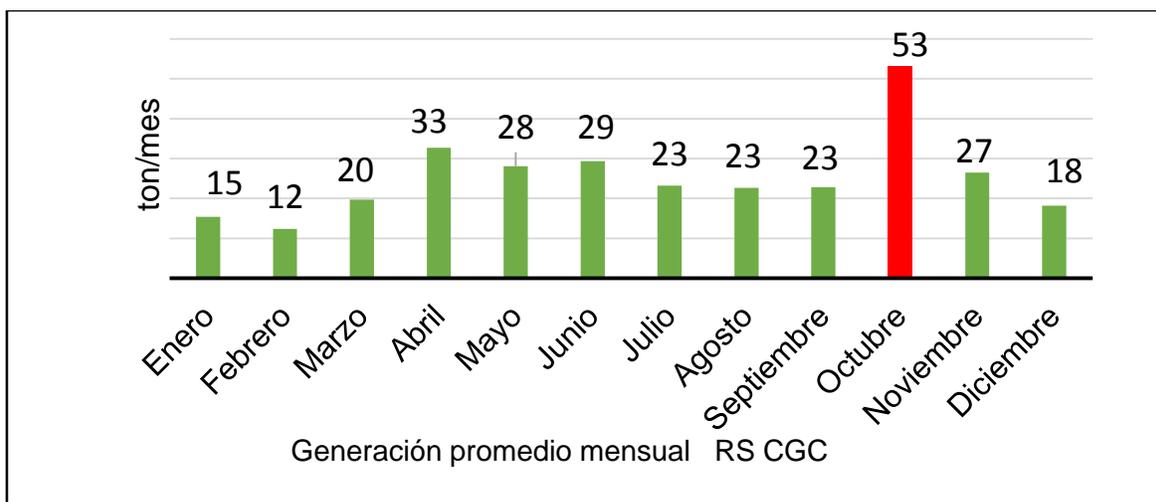


Figura 5: Generación promedio mensual de RS año 2014-2015-2016

Esto se debe posiblemente al ser mes previo al 1 de noviembre donde se festeja el día de todos los santos y también donde acuden aproximadamente más de 100.000 personas semanas previas a la fecha indicada.

5.3.1.1 Gastos asociados a Residuos Sólidos.

En términos económicos la generación de RS conlleva gastos anuales los que se mencionan en el siguiente gráfico, siendo el promedio anual para los años 2014-2015-2016 de \$19.901.760.

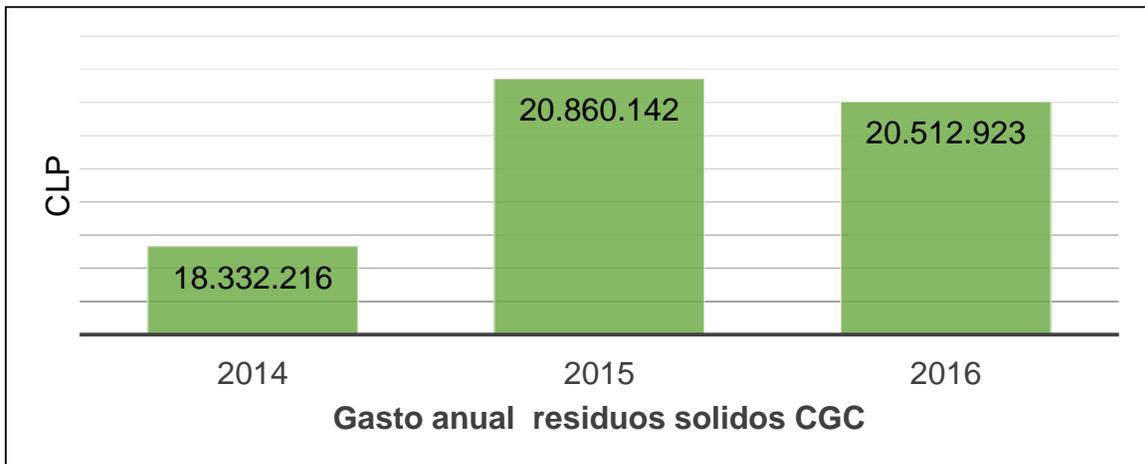


Figura 6: Gasto anual de RS año 2014-2015-2016.

5.3.1.2 Caracterización física de Residuos Sólidos.

De un total aproximado de 349 ton de residuos generados como promedio entre los 3 años de datos cuantificables, se determinó que 297ton/ año son material orgánico, siendo estos residuos de poda y jardinería y 54ton/año son reciclables, como plásticos, cartón, papel, vidrios, tetra pack, latas, madera.

Dentro de la institución se generan escombros y desechos de construcción que son gestionados y dispuestos por las empresas contratistas encargadas de construir mesas y mausoleos y quienes disponen según contrato de este tipo de desechos, por lo que no se contemplan en las toneladas totales.

5.3.1.3 Clasificación de Residuos Sólidos por actividad.

A continuación en la tabla 4 se presentan los residuos generados por actividad su clasificación y destino siendo estos los siguientes.

Tabla 4: Clasificación de residuos por actividad.

Actividades	Residuos Generados	Clasificación	Destino
Mantenimiento Cementerio	Flores	biodegradable	Relleno sanitario
	Restos de poda	biodegradable	
	Plásticos	Reciclables	
	Papel	Reciclables	
	Vidrio	Reciclables	
	Latas	Reciclables	
	Tetra pack	Reciclables	
Creación	Ataúdes	Biodegradable	Relleno sanitario
Mantenimiento de oficinas	Papel	Reciclable	Relleno sanitario
	Residuos orgánicos	Biodegradable	
Inhumación	Flores	Biodegradable	Relleno sanitario
	Escombros	Inertes	Relleno autorizado
	Material de construcción	Inertes	

5.4 Consumo y gastos de agua.

La información recolectada permitió evaluar los años 2014- 2015-2016, por lo que los antecedentes permitieron reconocer la existencia de 4 medidores de agua dentro de la institución localizados en las siguientes áreas.

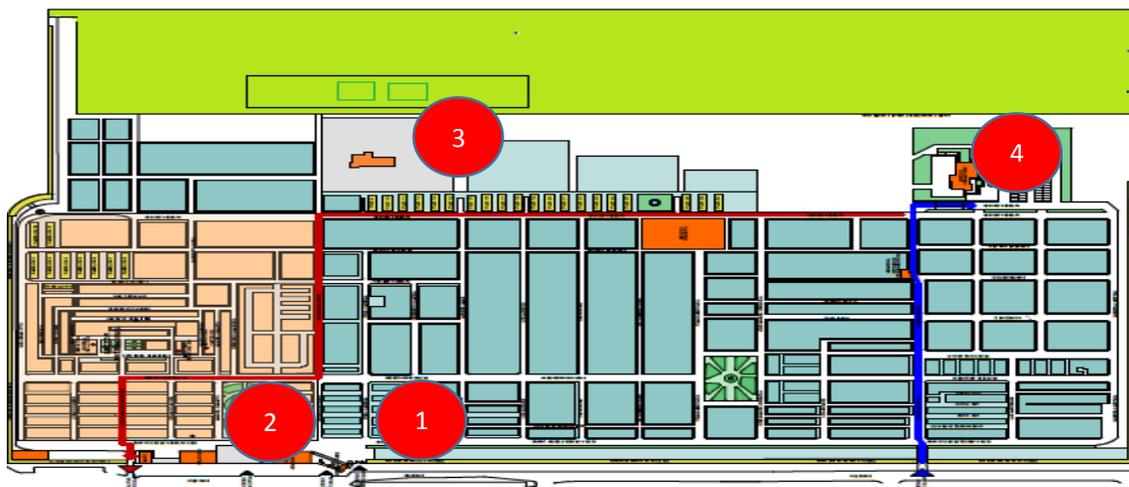


Figura 7: Loyout CGC, medidores de agua.

Fuente: Unidad de Arquitectura CGC.

Medidor 1: Esta localizado en la entrada principal, frontis del Cementerio General, mide el consumo de agua potable que es utilizada para regadío, trabajos de construcción y el uso por parte de los visitantes.

Medidor 2: Esta localizado en las cercanías del crematorio antiguo registra los consumos solo del edificio.

Medidor 3: Encontrado en la frotis del cementerio, registra consumos atribuidos solo al edificio cementerio donde se encuentran las oficinas administrativas, baños duchas y cocina para el personal.

Medidor 4: Esta localizado en las cercanías del crematorio nuevo, registra los consumos solo del edificio.

La información cuantitativa recolectada, permitió evaluar estos 4 medidores registrándose lo indicado en el grafico posterior.

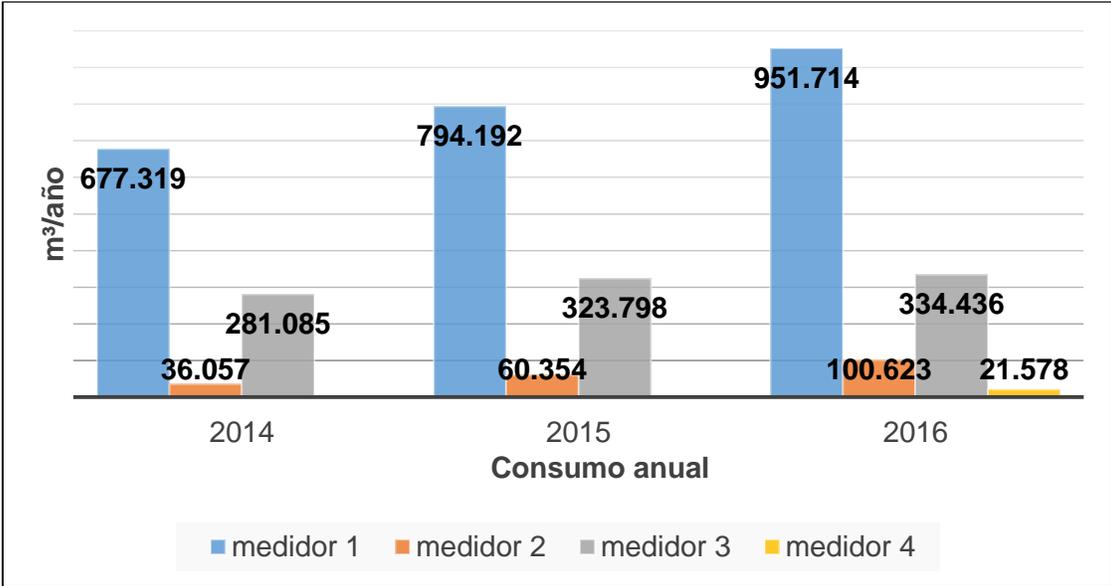


Figura 8: Consumo anual para 4 medidores de agua año 2014-2015-2016 CGC.

Como se puede apreciar los mayores consumos son atribuidos al medidor 1, sin embargo, se aprecia un alza en el tiempo en los otros 3 medidores estudiados. Con respecto al medidor 1, que registra consumos de agua potable atribuidos a regadío, obras de construcción y agua consumida por los visitantes, se evidenciaron

promedios anuales que alcanzan a unos 780.000m³, yendo al alza significativamente con un aumento de unos 41% con respecto al año de menor consumo que fue el año 2014. Durante la visita a terreno se apreció, que estos excesos son atribuibles a malas prácticas de los visitantes, pero también a la mala condición de las instalaciones, tuberías y llaves, evidenciando notorias fugas, lo que se vio reflejado en el costo y cantidad de metros cúbicos consumidos.

a)



b)



b)



d)



Figura 9: Condiciones actuales de llaves, tuberías y malas prácticas de los visitantes.

El segundo medidor con mayores consumos es el número 3 que hace mediciones del edificio cementerio, estos consumos alcanzan un promedio anual de 313.106 m³/ año, sin embargo, solo registra el consumo generado por el área administrativa y trabajadores lo que hace pensar en la posibilidad de fugas internas, que eleven el consumo anual significativamente. Como se vio reflejado en el medidor 1, los consumos del medidor 3 van en alza aumentando el año 2016 en un 19 % con respecto al año de menor consumo 2014.

El medidor 2 correspondiente al crematorio antiguo presenta consumos inferiores con respecto a los 2 anteriores, sin embargo, el año 2016 presento un alza de un 179% con respecto al año de menor consumo que fue el año 2014, esto indica que por su antigüedad es posible que se estén ocasionando fugas internas.

Con respecto al medidor número 4 correspondiente al edificio crematorio nuevo, no fue posible hacer comparaciones debido a que entro en funcionamiento el año 2016, por tanto, los registros encontrados son atribuidos a los consumos de ese año.

Al hacer un estudio mensual se pudo registrar que el mes de noviembre es el que registra mayores consumos para los 3 medidores que presentan datos de los 3 años de estudio, sin embargo, es importante mencionar que el mes anterior octubre y posterior diciembre, presentan alzas considerables con respecto a los meses anteriores, esto nos indica que en fechas cercanas al 1 de noviembre día de todos los santos, donde se presenta mayor concurrencia de público los consumos se elevan.

El medidor 1 que registra principalmente los consumos generados por los visitantes presenta un alza de un 67% con respecto al mes de menor consumo junio, por tanto, la concurrencia de visitantes es un indicador consistente.

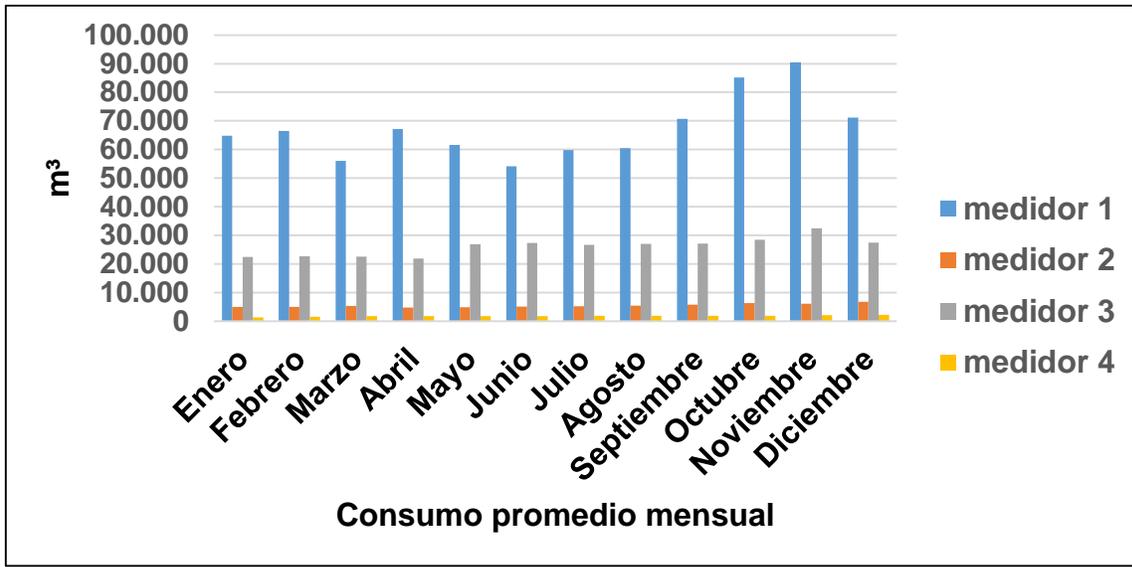


Figura 10: Consumo promedio mensual para 4 medidores de agua CGC.

Por tanto, los consumos elevados se ven reflejados en los gastos asociados como se presentan en el gráfico siguiente.

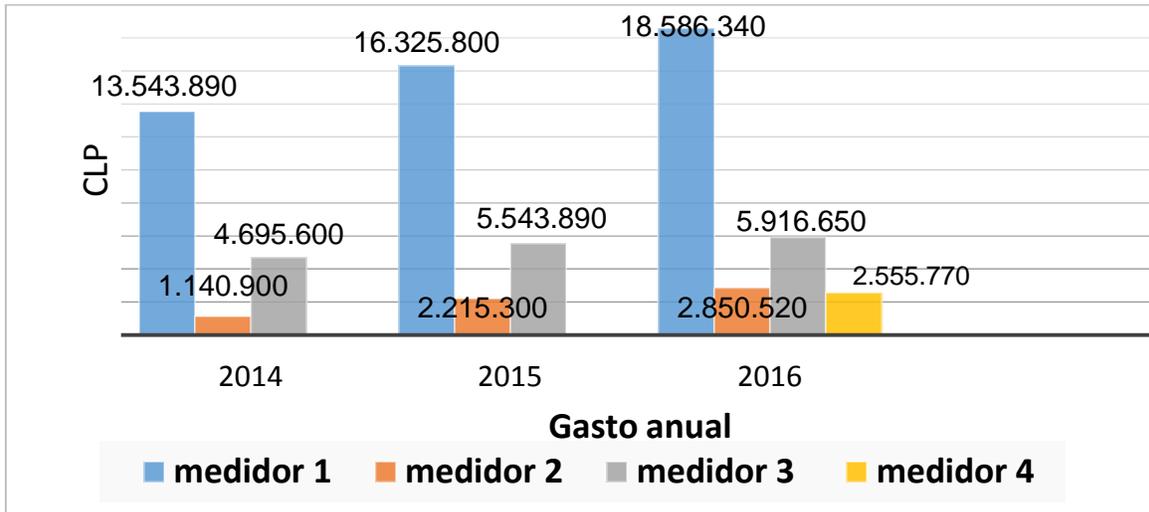


Figura 11: Gasto anual de 4 medidores de agua año 2014-2015-2016 CGC.

El consumo asociado al medidor 1 presenta un alza en el tiempo que se ve reflejado en el gasto durante el año 2016, representando un 37% más que el año 2014 donde se presentó menor gasto. Con respecto al medidor 3 que presenta en segundo lugar mayores consumos, refleja un gasto para el año 2016 de un 26% más con respecto al año 2014 que presentó menor gasto y el medidor 2 que se encuentra en el edificio crematorio antiguo como se describió anteriormente, presenta consumos inferiores, sin embargo, presenta un alza considerable de un 150% más durante el 2016 con respecto al año 2014.

5.5 Consumos y gastos eléctricos.

La información recolectada permitió evaluar 3 años consecutivos de estudio 2014-2015-2016, por lo que los antecedentes permitieron reconocer la existencia de 3 medidores de electricidad dentro de la institución, localizados en las siguientes áreas.



Figura 12: Layout CGC, medidores eléctricos.

Fuente: Unidad de Arquitectura CGC

Medidor 1: Esta localizado en la entrada principal, frontis del Cementerio General, mide el consumo asociado al edificio cementerio, iluminaria externa e interna.

Medidor 2: Esta localizado en las cercanías del crematorio antiguo, registra los consumos asociados al hornos crematorios, cámaras de conservación, iluminaria interna e externa.

Medidor 3: Esta localizado cercano al edificio crematorio nuevo, registra los consumos asociados al edificio, como lo utilizado en los hornos crematorios,

cámaras de conservación, iluminaria interna e externa. Este medidor entro en vigencia durante el año 2015, año en el cual fue inaugurado.

5.5.1 Sistema eléctrico Crematorio Antiguo y Nuevo

El Nuevo y Antiguo Edificio Crematorio tienen en su interior 2 hornos de cremación, uno para cadáveres de tamaño mayor a 1.50mt y otro para cuerpos de tamaño menor al descrito, utilizado en ocasiones puntuales y muy esporádicamente, sumado a esto, existen 6 cámaras de conservación en cada uno de ellos donde depositan los cuerpos en espera de ser cremados o por motivos legales. Se estima que el tiempo de desaparición del cuerpo tiene una duración aproximada de 120 minutos en cadáveres adultos dependiendo sus características de humedad, poder calorífico, densidad y aproximadamente entre 40 minutos para cadáveres pequeños, consumiendo aproximadamente 1 a 1,5 KW por cremación, datos corroborados por Don Patricio Mora, electromecánico de la Armada de Chile operador por más de 20 años Cementerio General y Secor (características técnicas de incineradores y crematorios), fabricante oficial de los hornos crematorios existentes. Estos últimos tienen tecnología termopirolítica lo que quiere decir que constan de dos cámaras en su interior, una primaria y otra secundaria o reactiva donde se produce el requemado de los gases producidos por la cámara primaria, produciendo la purificación de los humos dejándolos incoloros e inodoros. Es importante destacar que este horno entro en funcionamiento el año 1981 por lo que su vida útil con adecuada mantención y operación no supera los 30 años, esto implica que este crematorio debiese estar completamente fuera de operación debido a su antigüedad, no obstante, el crematorio nuevo entro en funcionamiento durante el año 2015 con una vida útil aproximada de 30 años.

Es importante señalar que los hornos funcionan a gas licuado, no obstante el control del tablero que maneja las variables operacionales es eléctrico.

Ambos edificios crematorios tienen 6 cámaras de conservación como se mencionó anteriormente, las cuales integran en su conjunto un sistema de iluminación, unidad refrigerante y microprocesador digital que según especificaciones técnicas constan de una potencia promedio aproximada de 3,50 kW (Intarcon, 2016), siendo este sistema un gasto constante con un promedio de 8 horas de encendido diario aproximadamente. Sumado a lo anterior ambos edificios crematorios presentan en la periferia, sistema de iluminación de exterior que se mantiene encendido durante parte de la noche si existiese algún evento mortuorio, siendo relativo según la ocasión, pero fijo alrededor de unas 8 horas diarias.

5.5.2 Identificación cuantitativa de Consumos eléctricos

La información cuantitativa recolectada permitió evaluar estos 3 medidores registrando lo indicado en el grafico posterior.

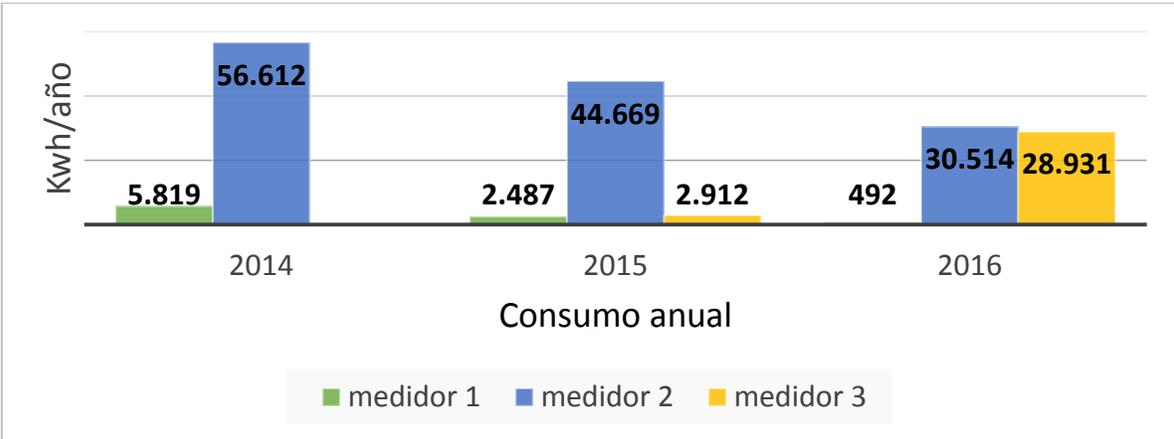


Figura 13: Consumo anual de electricidad año 2014-2014-2016 .CGC.

La evaluación evidenció altos consumos en el medidor 2 que corresponde al edificio crematorio antiguo durante el año 2014, sin embargo, se aprecia una disminución en el tiempo durante los 3 años de estudio de un 46% en el año 2016 con respecto al año de mayor consumo.

Lo descrito anteriormente indica que a medida que pasa el tiempo y menos procesos sean ejecutados al interior de este edificio, se traducen en una disminución significativa en el consumo.

Es importante recalcar que se utiliza electricidad en el tablero que maneja las variables operacionales del proceso, como también la cámara de conservación e iluminarias, por tanto, es posible que la antigüedad de este edificio y la falta de recambio de artefactos de bajo consumo, sea un indicador importante a estudiar, por tanto, se ve reflejado en el exceso de consumo, observándose principalmente al entrar en funcionamiento el crematorio nuevo.

El medidor 1 que corresponde al edificio cementerio presenta a lo largo de los 3 años de estudio una disminución importante de un 92% de consumo con respecto al año que presentó mayor consumo que fue el año 2014, esto se debe a que están ejecutando prácticas de ahorro energético con el personal administrativo incorporando medidas como cambio de iluminaria de bajo consumo y privilegiando el sol en horas administrativas, siendo esto apreciado en el gráfico anterior.

Cabe señalar que durante el 2015 entro en funcionamiento el crematorio nuevo por tanto desde año 2015 se aprecia una disminución significativa de un 21% con respecto al año 2014.

Con respecto al medidor 3 que corresponde al crematorio nuevo, este entro en funcionamiento durante el año 2015, evidenciándose un alza en el consumo debido a que se ejecutaron más cremaciones.

Para ahondar más en el detalle con respecto a los consumos individuales atribuidos al interior de los edificios crematorios, se hizo una investigación de datos relevantes para poder determinar de manera aproximada los consumos asociados a las cremaciones ejecutadas, uso de cámaras de conservación de cadáveres y uso de iluminarias, para esto se recolectaron datos de potencia promedio de las cámaras de conservación, número de cremaciones ejecutadas en los años de estudio que ayudado con una ecuación de balance, permitió conocer los gastos energéticos asociados, por tanto, los resultados fueron los presentados en la **Tabla 5** y detallados en el **Anexo 10.1**.

Tabla 5: Detalle consumos eléctricos aproximados en ambos crematorios año 2014-2015-2016.

Año	Crematorio	Consumo total	Consumo por incineración	Consumo por cámaras de conservación	Consumo iluminaria int+ exter
2015	Antiguo	44.669 KW h	390 KW h	15.120 KW h	29.159 KW h
	Nuevo	2.912 KW h	42KWh	2.520 KW h	350 KW h
2016	Antiguo	30.514 KW h	267 KW h	15.120 KW h	15.127KW h
	Nuevo	28. 931 KW h	267 KW h	15.120 KW h	15.127 KW h

En la **Tabla 5** los mayores consumos son atribuidos al uso de las cámaras de conservación y al consumo de las iluminarias, siendo estas de uso interno y externo en ambos edificios crematorio, con respecto a esto, podemos tener una idea de los consumos aproximados individuales y generar medida de gestión.

Con respecto a los promedios mensuales de los 3 años de estudio se evidenció lo siguiente:

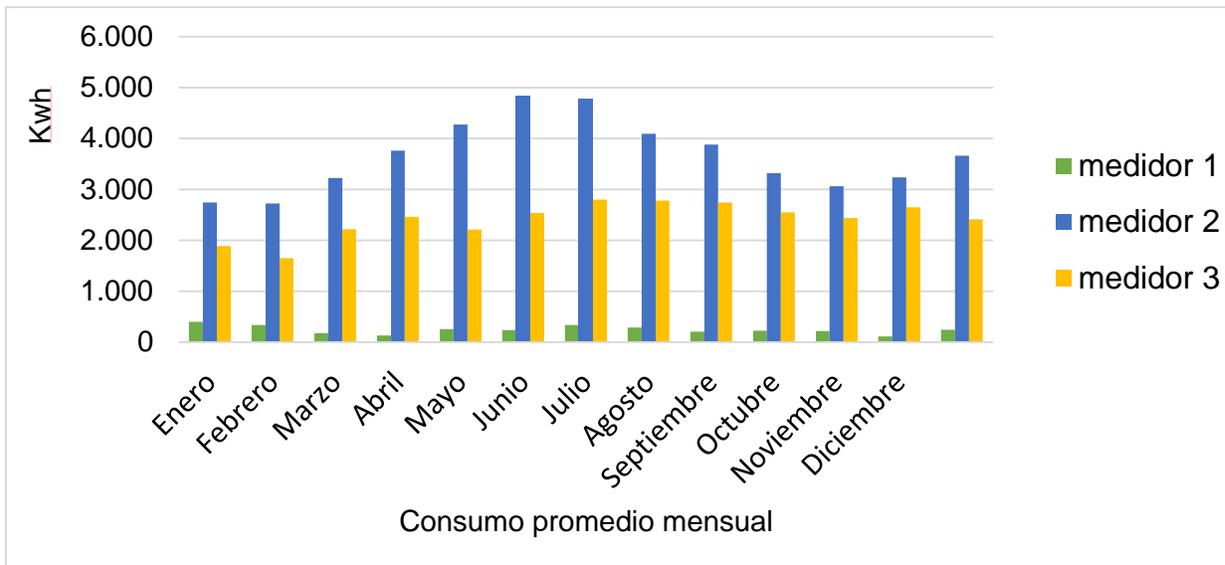


Figura 14: Consumo promedio mensual de electricidad para 3 medidores CGC.

El consumo es mayor en el mes de junio para el medidor 2 elevándose en un 78% con respecto al mes de menor consumo que fue febrero, esto puede indicar que durante los meses de invierno se ejecutaron un número mayor de incineraciones, sin embargo, como se mencionó en párrafos anteriores, puede deberse también, a la antigüedad de este horno incinerador. En cuanto al medidor 3 que registra en segundo lugar mayores consumos registra un alza de un 69% en julio con respecto a febrero, mes donde se registraron menores consumos, lo mismo para el medidor 1 el cual registra menos consumos pero igualmente importantes con un alza de un 259% durante el mes de enero con respecto al mes de menor consumo. Si bien el edificio cementerio cuyo consumo es registrado por este medidor, mantiene prácticas de ahorro, es importante agregar que el mes donde se registraron mayores consumos es temporada de verano lo que implica gasto energético atribuible a artefactos como ventiladores para mantener agradable la temperatura del lugar lo que implica mayor consumo energético.

5.5.3 Gasto anual de consumos eléctricos.

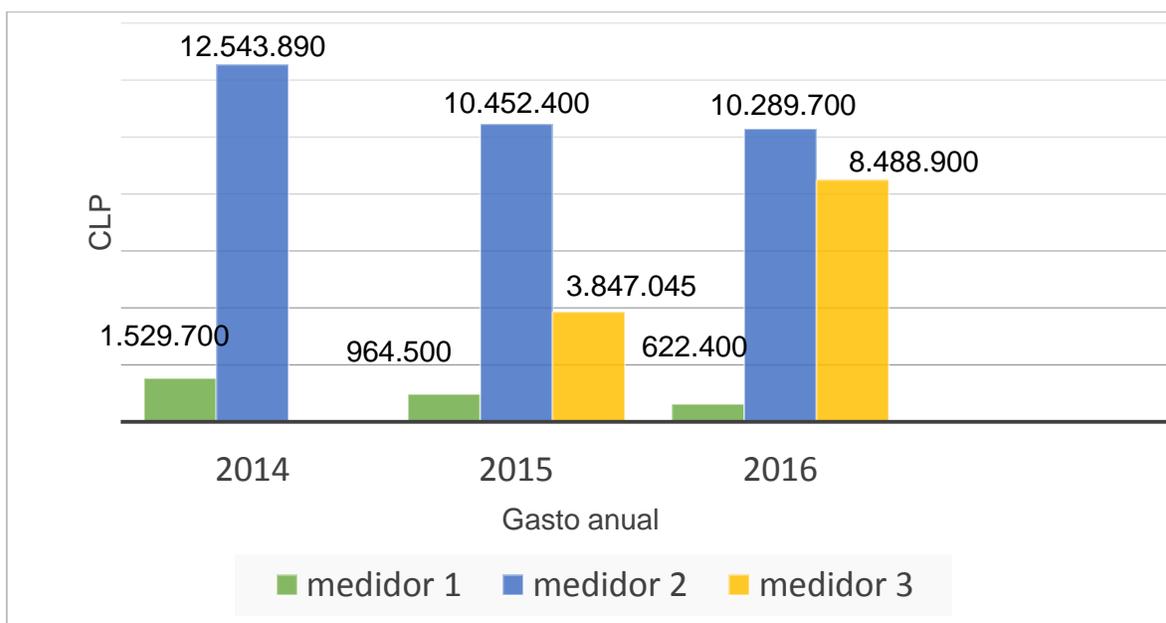


Figura 15: Gasto anual de 3 medidores eléctricos año 2014-2015-2016.

El gasto por concepto de consumo de energía disminuye tanto para el medidor 2 como para el 1 en un 18 y un 59% respectivamente, que va de la mano con un consumo menor durante los 3 años de estudio, sin embargo, refleja un alza importante de un 121% en el medidor 3, durante el años 2016 debido a la mayor cantidad de cremaciones ejecutadas.

5.6 Gestión ambiental actual mediante lista de chequeo

Para lograr obtener mayor información de lo que se está haciendo ambientalmente dentro de la institución se planteó un formato o lista de chequeo que logro generar un diagnóstico de la situación actual. Este formato reflejo lo siguiente:

Tabla 6: Resultado lista de chequeo.

Aspecto conflictivo	Componente ambiental	Cumplimiento interno	
		Si	No
Gestión ambiental actual	Presenta una estrategia de gestión ambiental		x
	Presenta una política de gestión ambiental		x
Gestión de residuos sólidos	Existen suficientes depósitos de residuos sólidos al interior de la institución.	x	
	Se realiza clasificación de residuos en el origen.		x
	Existe un centro de acopio de residuos sólidos.	x	
	Las calles interiores se encuentran aseadas y sin residuos en los alrededores		x
Gestión de energía	Existe iluminaria exterior de consumo bajo.		x
	Existe evidencia de pérdida de energía.		x
Gestión del recurso agua	Las llaves exteriores del establecimiento están en buenas condiciones		x
	Existe sistema de riego		x
	Se evidencian pérdidas de agua		x
	Se evidencian cañerías rotas		x
	Existen medidores visiblemente en buenas condiciones	x	
	Los medidores están dentro de las instalaciones del cementerio	x	
	Los baños se encuentran en buenas condiciones	x	

Al verificar mediante lista de chequeo la situación actual del CGC que fue realizada mediante visitas a terreno, información complementaria a través de antecedentes secundarios, conversaciones cara a cara con informantes claves, se pudo determinar que la institución no presenta una estrategia ambiental, por ende, no presenta una política ambiental que pueda manejar aquellos aspectos conflictivos, sin embargo, existen programas aislados para el control sanitario como el manejo de control de plagas y el manejo de los residuos sólidos de forma convencional.

En cuanto a residuos se identificó que no existe una recolección selectiva que apunte a la minimización en los años mencionados ni en la actualidad, debido a esto podemos encontrar una gran heterogeneidad de residuos dentro del contenedor. La gestión interna solo contempla almacenamiento temporal, recolección y transporte por lo que este problema de gestión, genera costos elevados para la institución. La empresa contratada dispone los desechos en Copiulemu y tiene dentro de las instalaciones 2 contenedores abiertos de arriendo, cada uno de 20 m³ los cuales de manera cotidiana colapsan por el excesivo volumen contenido.

Como se mencionó no se hace minimización siendo las toneladas anuales, mezcla de residuos generados internamente. Los restos de ataúdes provenientes del proceso de cremación son almacenados por el personal dentro de las instalaciones de los crematorios siendo estos llevados por la empresa contratada hacia la disposición de residuos o donados como lo indica el Artículo 70. Del DS 357/1970, si es voluntad de los deudos.

Es importante mencionar que dentro de lo dispuesto en el permiso otorgado por la autoridad sanitaria competente para el funcionamiento de los crematorios, está expresamente establecido el destino de los ataúdes que fueron de aquellos cuerpos cremados, por lo que dentro de lo estipulado, el destino final es el relleno sanitario autorizado.

Por otro lado el Cementerio General de Concepción es una institución que forma parte de la Corporación SEMCO que administra el Municipio de Concepción, sin embargo, los residuos generados dentro la institución no forman parte de la totalidad de los residuos recolectados en la comuna, gestionándolos de manera independiente y siendo un gasto interno mensual propio del Cementerio.

Es importante destacar que a medida que aumentan los visitantes, crece la generación de desechos sobre todo en semanas previas al 1 de noviembre, siendo el mes de octubre donde más se recolectan desechos sobre todo en las semanas finales; los volúmenes de basuras aumentan directamente en proporción a la cantidad de visitantes, sumándose a la problemática existente, dejando al cementerio en términos visibles algo descuidado y sucio.

5.6.1 Diagrama Causa – efecto

En búsqueda de las causas que llevan a una gestión inadecuada dentro del Cementerio General de Concepción y que están desencadenando aspectos significativos. Se hizo un diagrama de causa-efecto que evidencia lo siguiente descrito en la **Figura 18**.

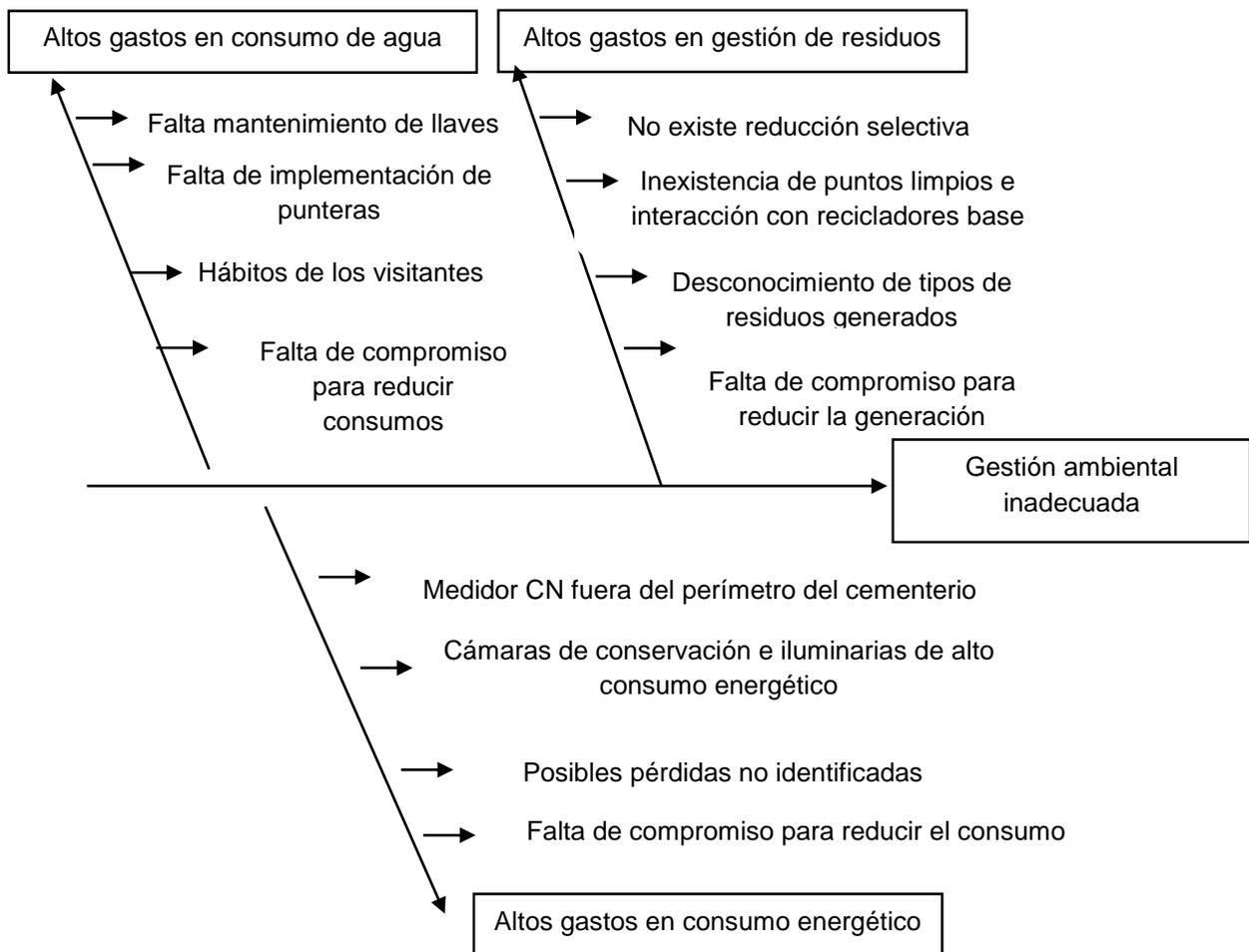


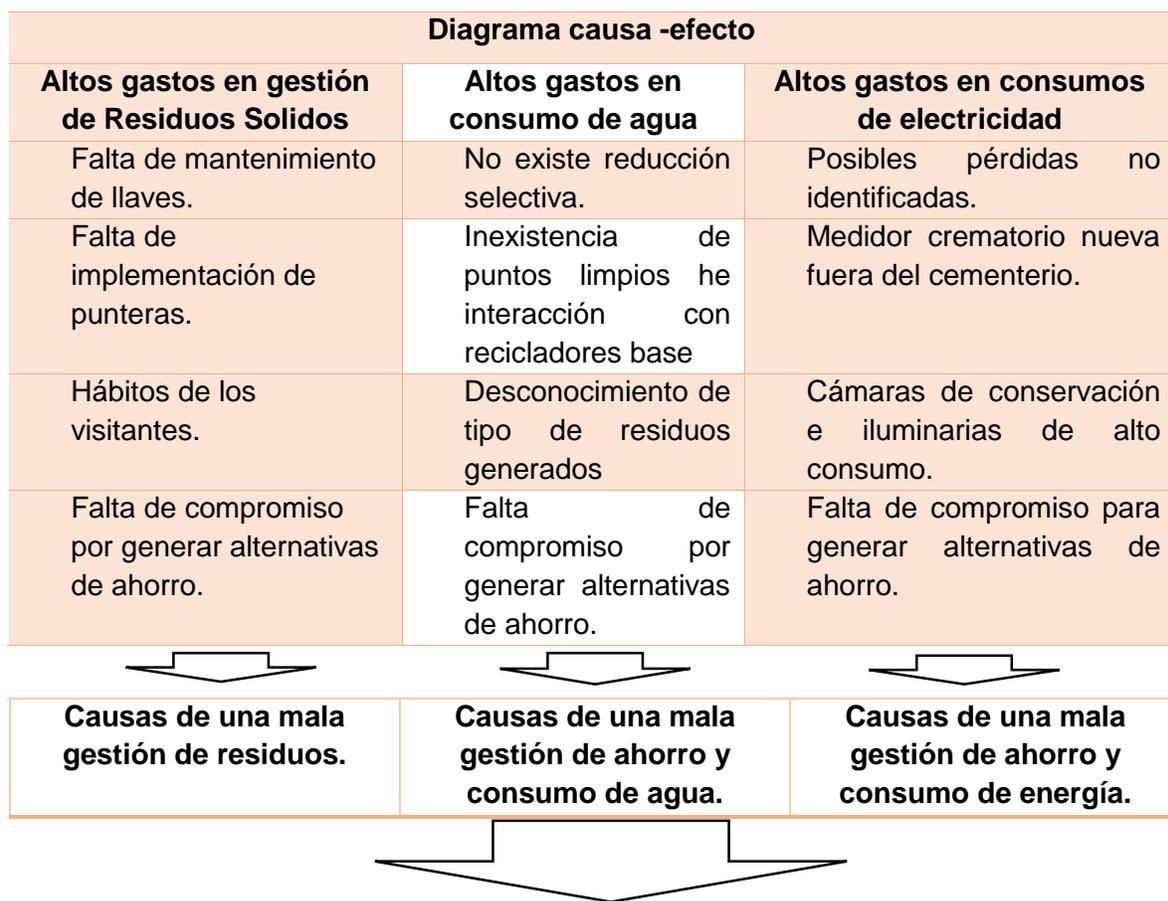
Figura 16: Diagrama causa-efecto.

De acuerdo al diagrama existen 12 posibles causas para una gestión ambiental inadecuada, sin embargo, el denominador común es la falta de compromiso por parte de la administración en la búsqueda de mejoras.

Los altos costos asociados a la gestión de residuos consumo de agua y energía, evidencian que la institución actualmente no se tiene control de ellos. Es por esto que el diagrama es una ayuda, que revela las causas probables que desencadenan aspectos ambientales significativos y que se resumen en la **Tabla 7**.

En base a las causas identificadas se presentan las propuestas de planes de manejo, como ayuda para la minimización de las problemáticas ambientales existentes dentro de la institución.

Tabla 7: Resumen diagrama causa-efecto.



Propuesta planes de manejo en base a las causas identificadas

6. PROPUESTA PLANES DE MANEJO AMBIENTAL

Las propuestas de los planes de manejo ambiental para el CGC, están elaborado en base a los requerimientos y las problemáticas encontradas dentro de la institución, es por esto que para facilitar el control y la minimización de los aspectos ambientales que se generan en el normal funcionamiento del cementerio, su finalidad es desarrollar alternativas para mejorar las actividades cotidianas, incorporando estrategias que mejoren ambientalmente su gestión actual, generando una mejora continua en el tiempo.

Es por esto que los planes descritos a continuación, son el motor de acción en base a las problemáticas identificadas.

6.1. Propuesta plan de manejo residuos solidos

Ante la identificación de la causa probable que ocasionan una mala gestión en cuanto a residuos sólidos, se propone un programa orientado a mejorar la calidad ambiental, mediante la incorporación de medidas que apunten a reducir, minimizar y corregir las acciones internas que se están llevando a cabo, en este contexto, se propone aprovechar los residuos orgánicos recolectados a través de la descomposición aeróbica, esto implica reducir los desechos generados internamente apuntando directamente a la reducción del gasto por concepto de disposición final. La institución recolecta aproximadamente 25.000 kg/mes de residuos orgánicos los cuales corresponden principalmente a residuos de poda y jardinería.

6.1.1 Objetivo

- Establecer un manejo adecuado de los residuos orgánicos generados, apuntando a la reducción en volumen y gestionándolos de manera ecológica.

6.1.2 Acciones

Primaria

- Implementación de un área destinada al compostaje de residuos orgánicos. (Propuesta diseño de planta de compostaje en detalle **Anexo 10.2.**)

Secundaria

- Programa de educación ambiental.

6.1.2.1. Acción primaria a desarrollar

Se propone en base a la información proporcionada por los resultados los que indicaron que el 83% corresponde a residuos orgánicos como restos de poda flores pastos y un 17 % a otros que son posibles de reciclar, lo siguiente:

Implementar un sistema de compostaje de pilas de volteo manual a través del método de descomposición aeróbica, entre ambos crematorios, siendo esta, una zona libre de construcción que en la actualidad representa aproximadamente unas 4 hectáreas libres. Esto permite tratar 25.000 kg/mes de residuos orgánicos lo que equivale a una reducción de un 85% los residuos totales generados por la institución y una reducción en gasto por concepto de disposición de un 90% aproximadamente, esta acción se desarrolla en forma detallada en el **Anexo 10.2.**

6.1.2.2. Acción secundaria a proponer

Se propone un programa de capacitación y educación ambiental para trabajadores y visitantes con la finalidad de desarrollar una cultura ambiental que incorpore la comprensión del medio, integrando la arista, social, cultural y económica, para obtener el mejor beneficio socio- ambiental y socio- cultural, acorde a una mirada integral. Lo que se pretende es la adaptación de los grupos de interés a conceptos ambientales que se traducen directamente en beneficio económico para institución.

6.2 Programa uso eficiente y ahorro de agua

Ante la identificación de la problemática asociada, se propone un programa de gestión para el uso y ahorro eficiente del agua para el CGC, que este orientado a mejorar la calidad ambiental, mediante la incorporación de medidas que apunten al ahorro. Mediante estas medidas, se pretende traer beneficio ambiental para la institución y reducir los gastos asociados, para esto se plantean los siguientes objetivos:

6.2.1. Objetivo

- Implementar una estrategia que apunte a la reducción del consumo de agua en el medidor 1 el que presenta mayores consumos para la institución y mejora la calidad de ambiental de la institución con respecto al recurso.

6.2.2. Acciones

Primaria

- Sustituir el medidor que registra mayores consumos por una puntera.

Secundaria

- Proponer estrategias para el manejo interno del recurso ligadas a la educación ambiental.

6.2.2.1 Acción primaria a desarrollar

Sustituir el medidor de mayor consumo por una puntera en el edificio cementerio para abastecer el consumo registrado por el medidor 1. Se propone en base a la información proporcionada reducir el consumo en un 100% esto significa ahorrar mensualmente 67.312 m³/ mes y utilizar el agua extraída principalmente para regadío y uso de los visitantes previa divulgación de que el agua extraída no es para consumo humano. Esto permite principalmente reducir el consumo en los puntos de captación y aumentar el control donde se estima que existe gran pérdida asociada al recurso.

6.2.2.2 Acción secundaria a proponer

Se propone un programa de educación ambiental para trabajadores y visitantes con la finalidad de desarrollar una estrategia de ahorro en el consumo de agua evitando pérdidas significativas. Para obtener mejores beneficios es importante incorporar dentro de las instalaciones carteles alusivos al ahorro, recambio de cañerías y llaves para evitar pérdidas innecesarias. Lo que se pretende es la adaptación de ambos grupos de interés a conceptos ambientales, en forma transversal que se traducen directamente en beneficio económico para institución.

6.3 Programa uso eficiente y ahorro de energía

Ante la identificación de la problemática existente en cuanto al consumo de electricidad y considerando que gran parte del consumo se origina en ambos crematorios, se propone un programa de ahorro eficiente y consumo de energía en el crematorio nuevo, para esto es importante recalcar que este crematorio no es el que presenta mayores consumos en los años de estudio, sin embargo es aquel que más cremaciones ejecutara en los próximos años, debido a que el antiguo pretende ser menos utilizado dada su antigüedad, por tanto en base a esta información se propone instalar en el crematorio nuevo un sistemas fotovoltaicos orientado principalmente a mejorar la calidad ambiental y el consumo de energía. Mediante esta medida, se pretende traer beneficio ambiental para la institución y reducir los gastos asociados con respectos a la gestión actual, para esto se plantean el siguiente objetivo.

6.3.1. Objetivo.

Implementar tecnología adicional en el lugar donde se registran consumos eléctricos que van al alza, reduciendo el consumo de energía extraída de la red eléctrica, traduciéndose directamente en menores costos asociados.

6.3.2. Acciones.

Primaria

- Diseñar una central fotovoltaica en el techo del crematorio nuevo (Desarrollo en **Anexo 10.3**).

Secundaria

- Proponer recambio de iluminaria de bajo consumo.

6.3.2.1 Acción primaria a desarrollar

Diseñar una central fotovoltaica en el techo del crematorio antiguo conectada a la red eléctrica, de manera que pueda consumir energía de la red en caso de necesitar más que la generada, o entregar el excedente de energía a la red, en caso que la energía requerida sea menor que la generada. Con esta medida se pretende cubrir parcialmente una demanda crítica de 3.760 Wh/día (energía consumida), principalmente en los meses de invierno.

6.3.2.2. Acción secundaria a proponer

Se propone un recambio de iluminaria externa de acuerdo a las tecnologías solares existentes en el mercado como placas solares poli cristalinas, que reciben la energía del sol y la almacena, paneles de aluminio y fotoceldas cubiertas con un cristal, por lo que no hay mucha exposición ni tampoco problemas de contaminación o focos LED con entre 1 a 6 días de autonomía.

7. CONCLUSIONES

En este estudio se logró satisfactoriamente la identificación de los servicios, actividades y aspectos ambientales originados dentro de la institución, sin embargo, no fue posible estudiarlos en su totalidad, por falta de información. Sin perjuicio de ello, se logró responder satisfactoriamente el objetivo general y la pregunta de investigación.

La investigación permitió conocer el manejo interno que tiene CGC y el descontrol y/o desconocimiento en torno a los aspectos ambientales involucrados. Con respecto a esto, se logró identificar que los aspectos que generan problemáticas para la institución son el manejo de los residuos sólidos, consumo de agua y electricidad generando efectos a nivel económico para la institución trayendo conflicto a nivel interno.

La falta de implementación de medidas de gestión ambiental que apunten a reducir problemáticas ambientales internas, afectan económicamente a la institución, por tanto, es importante implementar planes de manejo que vayan en beneficio de ella y en favor del medio ambiente, en base a una mirada integral.

Este estudio aunque propuso planes de manejo basado en la idealidad, logro identificar que sí es posible implementar planes de mejoramiento, que reduzcan de manera significativa los gastos asociados a las problemáticas encontradas, debido a que generan ahorros considerables si se abordan de manera adecuada, e incluirlos generan cambios sustanciales en una institución como ésta, haciéndola sostenible en el tiempo. Sin embargo, implican costes de implementación y mano de obra que no fueron considerados en este estudio y que es importante considerar en posteriores proyectos.

El estudio reflejó que no existe una gestión ambiental interna, por lo tanto, es el efecto de un número importante de causas que desencadenan el mal uso de los recursos y que se ven reflejados en un descontrol de los aspectos ambientales nombrados anteriormente.

8. RECOMENDACIONES

- Capacitar al personal del establecimiento en torno a las variables y factores relevantes en la implementación de cualquiera de las propuestas generadas.
- Con respecto a los planes de manejo, es importante generar un análisis técnico -económico que permita establecer los costos asociados a la implementación de estos planes, junto con un análisis costo- beneficio que ayudaría a convencer aún más a la institución de generar un cambio sustancial con respecto a la nueva estrategia que este estudio propone implementar.
- Se recomienda Implementar planes de educación ambiental a todos los visitantes como también a los trabajadores en general, sumado a esto para el éxito de cualquier estrategia de educación, se incita a elaborar folletos y letreros informativos divulgando la importancia de reducir los aspectos problemáticos encontrados.
- Se recomienda pedir ayuda a agrupaciones sociales, alumnos secundarios y universitarios para la divulgación de la información, de tal manera que se pueda de manera práctica generar conciencia.
- Se recomienda hacer gestiones con el área de medio ambiente de la Municipalidad para implementar un punto limpio en el frontis del establecimiento y a través de ellos, postular a los fondos de protección ambiental para obtener mayores recursos para la implementación de los programas propuestos.

- En cuanto a la recolección de los residuos reciclables que normalmente son depositados en los contenedores habituales, se recomienda que sean segregados por el público visitante, para no recargar las labores realizadas por el personal, sin embargo, la institución debe facilitar la labor mediante contenedores adicionales con distintas fracciones de residuos para facilitar la recolección de acuerdo a los colores establecidos en la NCH 3.322/2013 .
- Se recomienda generar alianzas con recicladores Biobío para que extraigan residuos de su interés como latas, tetra pack, plásticos PET, papel y cartón, contribuyendo a la reducción de los residuos generados por la institución y ayudando a los ingresos de ellos.
- Con respecto al alumbrado exterior se recomienda hacer un recambio masivo a tecnologías solares existentes en el mercado previa asesoría de alguna empresa chilena con experiencia en sistemas de ahorro energético e iluminaria exterior para reducir al máximo las pérdidas.
- En cuanto a la instalación de punteras se recomienda contratar una empresa especializada en la implementación para poder evitar fallas y mal uso de los recursos.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Alberto, Carlos, Ferreira Rino, and Nemesio N B Salvador. 2017. "ISO 14001 Certi Fi Cation Process Afile:///C:/Users/Pamela/Desktop/Papers/1-S2.0-S095965260800320X-Main.Pdfnd Reduction of Environmental Penalties in Organizations in Sao Paulo State, Brazil." *Journal of Cleaner Production* 142. Elsevier Ltd: 3627–33. doi:10.1016/j.jclepro.2016.10.105.
- Arimura, Toshi H, Nicole Darnall, and Hajime Katayama. "Is ISO 14001 a Gateway to More Advanced Voluntary Action? The Case of Green Supply Chain Management." *Journal of Environmental Economics and Management* 61.2 (2011): 170–182. Web
- Alcaldicio, Decreto, Cementerio General, La Direcci, Reglamento General, Cementerio General, Secretario General, Reglamento General, et al. 1983. "ADMINISTRACION DEL CEMENTERIO GENERAL DE CONCEPCIÓN "
- Bennett, G. and P. J. Davies. 2015. "Urban Cemetery Planning and the Conflicting Role of Local and Regional Interests." *Land Use Policy* 42:450–59. Retrieved (<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0264837714001872>).
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. 2013. "Biblioteca Del Congreso Nacional de Chile - Wwww.Leychile.Cl - Documento Generado El 02-Mar-2013." Minsal.
- Costa, F.; Garcia, C.; T. Hernandez, T. and Polo, A. (1991). Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. Ed. CSIC, Madrid.

- Crawford, J.H. Composting of agricultural wastes (1985). In *Biotechnology applications and research*. Ed. P.H. Cheremisinoff and R. P. Ouellette Technomic Publishing A.G.
- Cueto, Andrés 2017, "Evaluación de tecnologías para la reutilización, valorización y disposición de residuos orgánico"
- CIEMAT, 2000 "PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DEL COMPOST" Acondicionamiento Del Suelo:" (2 1):1–31.
- Dent, Boyd B. and Michael J. Knight. 1998. "Cemeteries: A Special Kind of Landfill. The Context of Their Sustainable Management." *International Association of Hydrogeologists* 22(11):451–56.
- D.V. Jackson, J.M. Merillot and P. L'Hermitte (Eds.). (1992). *Composting and composting quality assurance criteria*. Commission of the European Communities. Luxembourg.
- Espinoza, J. 2012. "Evaluación de Impacto Ambiental de Un Cementerio Tipo Parque Ecológico." *Revista Investigación UNMSM* (01):53–58.
- Evaluación, Informe Final, Alternativas Pgrs, and Eval Econ Emi. 2015. "RESIDUOS SÓLIDOS DE LA COMUNA DE CONCEPCIÓN Índice de Contenidos."
- ESAP. 2014. "Diseño Del Plan De Manejo Ambiental De La Escuela Superior De Administración Pública – Esap." 67.
- ESPINOZA, ARIEL VALDENEGRO and RODRIGO PALMA BEHNKE. 2016. "Diseno-de-Sistema-de-Generacion-Fotovoltaica-Para-Viviendas-Conectadas-a-La-Red-de-Distribucion-En-El-Contexto."
- Escala, Modelación A., D. E. L. Proceso, D. E. Compostaje Aerobio, Pila

Estática, Y. C. O. N. Aireación, E. Behrentz, and E. Giraldo. 1993. “Desarrollo Teórico E Implementación De Laboratorio Modeling of Aerobic Compost Process , Static Pile and Forced Aireation.”

- Fiedler, S, J Breuer, C M Pusch, S Holley, J Wahl, J Ingwersen, and M Graw. 2012. “Graveyards - Special Landfills.” *The Science of the Total Environment* 419 (March): 90–97. doi:10.1016/j.scitotenv.2011.12.007.
- Figueroa, 2010. “Evaluación Del Peligro Potencial de Contaminación de Las Aguas Subterráneas En La Provincia de Talagante.”
- Figueroa, Catalina, Nelly Parra, and Cristian Rodríguez. 2014. “Evaluación de La Factibilidad Técnica y Económica de La Instalación de Paneles Solares Fotovoltaicos En Hogares de Familias de Escasos Recursos de La Comuna de San Nicolás.” 24.
- FAO, 2013. “Manual de Compostaje Del Agricultor. “Experiencias en América Latina.
- Fründ, Heinz Christian and Dirk Schoenen. 2009. “Quantification of Adipocere Degradation with and without Access to Oxygen and to the Living Soil.” *Forensic Science International* 188(1–3):18–22.
- Generales, Disposiciones, Capitulo Ii, Descripción Del, Limite Urbano, Capitulo Iii, Definiciones Y Normas Generales, and Usos D E Suelo. 2015. “ORDENANZA LOCAL DEL PLAN REGULADOR COMUNAL DE CONCEPCIÓN Incluye Modif. Marzo 2005, Agosto 2006, Febrero 2009, Septiembre 2009”

- González Rojas, Edwin Humberto. 2011. “Concepto y Estrategias de Biorremediación.” *Inge@uan* 1(1):20–29.
- INN-Chile. 2013.“Norma Chilena.” *Instituto Nacional de Normalizacion* 1–66.
- Iglesias Jiménez, E. y Pérez García, V. (1989). Evaluation of city refuse compost maturity: a review. *Biological Wastes*, 27, 115-142.
- INTARCON, 2016 “Catálogo de Producto Catalogue de Produit.”
- J.K.R. Gasser. (Ed.). (1984). *Composting of agricultural and other wastes*. Elsevier Applied Science Publishers. London and New York
- Klaufus, Christien. 2016. “The Dead Are Killing the Living ’ : Spatial Justice , Funerary Services , and Cemetery Land Use in Urban Colombia.” *Habitat International* 54. Elsevier Ltd: 74–79. doi:10.1016/j.habitatint.2015.11.032.
- Lett, Lina A. 2014. “Las Amenazas Globales, El Reciclaje de Residuos y El Concepto de Economía Circular.” *Revista Argentina de Microbiología* 46(1):1–2. Retrieved ([http://dx.doi.org/10.1016/S0325-7541\(14\)70039-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0325-7541(14)70039-2)).
- Loaeza,Carmona and Tenorio et al 2012. “Metodología de un sistema fotovoltaico conectado a la red SFCK para iluminarias del edificio 3 de la ESIME” Zacatenco,DF.
- Mari, Montse, and José L. Domingo. 2010. “Toxic Emissions from Crematories: A Review.” *Environment International* 36 (1). Elsevier Ltd: 131–37. doi:10.1016/j.envint.2009.09.006.
- Mininni, Giuseppe, Andrea Sbrilli, Camilla Maria Braguglia, Ettore Guerriero,

Dario Marani, and Mauro Rotatori. 2007. "Dioxins, Furans and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Emissions from a Hospital and Cemetery Waste Incinerator." *Atmospheric Environment* 41 (38): 8527–36. doi:10.1016/j.atmosenv.2007.07.015.

- Mustin, M. (1987). *Le compost. Gestion de la matière organique*. Ed. F. Dubusc. Paris.31.
- Marani, and Mauro Rotatori. 2007. "Dioxins, Furans and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Emissions from a Hospital and Cemetery Waste Incinerator." *Atmospheric Environment* 41 (38): 8527–36. doi:10.1016/j.atmosenv.2007.07.015.
- Melnyk, Steven A, Robert P Sroufe, and Roger Calantone. 2003. "Assessing the Impact of Environmental Management Systems on Corporate and Environmental Performance" 21: 329–51.
- Oliveira, De, Camila Roberta, and Muniz Serra. 2009. "Best Practices for the Implantation of ISO 14001 Norms : A Study of Change Management in Two Industrial Companies in the Midwest Region of the State of São Paulo – Brazil Sa." *Journal of Cleaner Production* 17 (9). Elsevier Ltd: 883–85. doi:10.1016/j.jclepro.2008.12.008.
- Oeste, Javier Prado and San Isidro. n.d. "Manual Para MUNICIPIOS ECOEFICIENTES." (511).
- Plaza Úbeda, José Antonio, Jerónimo de Burgos Jiménez, and Luis Jesús Belmonte Ureña. 2011. "Grupos de Interés, Gestión Ambiental y Resultado Empresarial: Una Propuesta Integradora." *Cuadernos de Economía y Dirección de La Empresa* 14(3):151–61.

- Patricia, Helena and Lancheros Duran. 2005. "EL PARQUE CEMENTERIO JARDINES DEL RECUERDO REGIONAL BOGOTA."
- Rivera, Aurora Velasco. 2012. "No Title" 22: 165–75.
- Reducido, Ecológicas D E Tamaño. n.d. "Estudio de Alternativas de Diseño de Plantas de Compostaje En Almazaras Ecológicas de Tamaño Reducido.
- República, Presidencia D E L A, Oficina D E Planeamiento Y Presupuesto, Unidad D E Desarrollo Municipal, Organización Panamericana, D E L A Salud, Organización Mundial, and D E L A Salud. n.d. "Manual Para La Elaboración de Compost Bases Conceptuales y Procedimientos."
- Rynk, R., M. Van de Kamp, G.B. Willson, M.E. Singley, T.L. Richard, J.J. Kolega, F.R.Gouin, L. Laliberty, Jr., D. Kay, D. W. Murphy, H.A.J. Hointink y W.F. Brinton (1992). Onfarmcomposting handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca,N.Y.
- Renovables, Unidad D. E. Energias, Superintendencia D. E. Electricidad, and Y. Combustibles. n.d. "Diseño de Instalaciones Fotovoltaicas En Chile – Netbilling."
- Santarsiero, a., D. Cutilli, G. Cappiello, and L. Minelli. 2000. "Environmental and Legislative Aspects Concerning Existing and New Cemetery Planning." *Microchemical Journal* 67 (1–3): 141–45. doi:10.1016/S0026-265X(00)00110-7.
- Santarsiero, a., L. Minelli, D. Cutilli, and G. Cappiello. 2000. "Hygienic Aspects Related to Burial." *Microchemical Journal* 67 (1–3): 135–39. doi:10.1016/S0026-265X(00)00109-0.

- Santarsiero, a., G. Settimo, G. Cappiello, G. Viviano, E. Dell'Andrea, and L. Gentilini. 2005. "Urban Crematoria Pollution Related to the Management of the Deceased." *Microchemical Journal* 79 (1–2): 307–17. doi:10.1016/j.microc.2004.10.015.
- Santos, Los, 2013. "Instalaciones de Refrigeracion En Tanatorios." 1–5.
- Secor, 2016, Productos, Hornos incineradores y Crematorios <http://www.secor.cl/productos.html>.
- Silva, López y Valencia. (2000) "RECUPERACIÓN DE NUTRIENTES EN FASE SÓLIDA A TRAVES DEL COMPOSTAJE" *Universidad del Valle-Facultad de Ingeniería. A.A. 25360 Cali-Colombia .pablosil@mafalda.univalle.edu.co*
- Urrutia, Jorge. 2013. "Evaluación de La Biodegradación de Residuos Sólidos Ganaderos Tratados Mediante Pilas de Compostaje." 1:193.
- Usunoff, E. 2006. "EVALUACIÓN PREVENTIVA ESPACIAL DEL RIESGO SANITARIO POR LA INSTALACIÓN DE UN CEMENTERIO PARQUE F." Universidad Nacional del Centro de la Prov. de Buenos Aires, Comisión de Investigaciones Científicas, Municipalidad de Azul C.C. 44 (B7300) Azul, Argentina 1 fpeluso@faa.unicen.edu.ar.
- Vílchez, Vera Ferrón. 2017. "The Dark Side of ISO 14001 : The Symbolic Environmental Behavior." *European Research on Management and Business Economics* 23(1):33–39.

- Venturini, Elisa, Ivano Vassura, Laura Ferroni, Simona Raffo, Fabrizio Passarini, David C S Beddows, and Roy M. Harrison. 2013. "Bulk Deposition Close to a Municipal Solid Waste Incinerator: One Source among Many." *Science of the Total Environment* 456–457. Elsevier B.V.: 392–403. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.03.097.
- V, Juan Pablo Silva, Piedad López M, and Pady Valencia A. n.d. "Recuperación de Nutrientes En Fase Sólida a Través Del Compostaje."
- Valdez, E. F., et al. 2011. "Impacto Ambiental de Los Residuos Sólidos Domésticos de Las Floristerías Del Cementerio Miraflores En El Distrito de Trujillo." *Journal Article* 195–204.
- Żychowski, Józef. 2012. "Impact of Cemeteries on Groundwater Chemistry: A Review." *CATENA* 93 (June): 29–37. doi:10.1016/j.catena.2012.01.009.

10. ANEXOS

Anexo 10.1: Estimación de consumos eléctricos en cámaras de conservación, proceso de incineración de cuerpos e iluminarias en ambos crematorios.

Para estimar el consumo en forma detallada, es importante entender que dentro de ambos edificios se encuentra 1 horno crematorio de consumo cotidiano, 6 cámaras de conservación e iluminarias que en conjunto determinan el consumo total.

Para este cálculo se procedió a trabajar con 2 años de antecedentes debido a que el crematorio nuevo entro en funcionamiento el segundo semestre del año 2015 por tanto los antecedentes recopilados son asociados al segundo semestre del año 2015 hasta el 2016. Para determinar los consumos se procedió a trabajar con información proporcionada por el encargado de ambos crematorios, la administración y los antecedentes técnicos de los hornos crematorios y cámaras de conservación, por tanto se tiene la siguiente información:

1. Consumos totales generados durante el año 2015 y 2016 en ambos crematorios.
2. Número total de cremaciones ejecutadas de 2 años consecutivos de estudio 2015-2016 entre ambos crematorios, sin considerar en detalle las ejecuciones generadas en cada uno de ellos y que se describen a continuación.
3. Consumos eléctricos por cremación que indica la cantidad consumida por proceso, información obtenida de los hornos crematorios (Secor, 2016) el que indica que por cada cremación el rango de consumo es de 1 a 1,5Kw en un tiempo estimado de 2 horas, tiempo donde el cuerpo se consume en su totalidad.

4. Potencia promedio de las cámaras de conservación considerando el tiempo de uso en el mes, información proporcionada por (Intarcon, 2016) catálogo general de productos frigoríficos, fabricantes de cámaras de conservación y que considera un gasto de 3.50 KW para cámaras de conservación de 6 cuerpos aproximadamente.

5. Para determinar cuánto es el gasto energético asociado a la incineración y cámaras de conservación y sin tener el detalle de la cantidad de cremaciones ejecutadas en ambos crematorios de manera individual, se procedió a elaborar supuestos en base a la información tabulada en los gráficos, **Figura 15**, que muestran los consumos generados en cada uno de los edificios crematorios, siendo estos supuestos los que se mencionan a continuación:

Supuesto 1

Conociendo el total de electricidad consumida en cada uno de los edificios crematorios tanto nuevo como antiguo y considerando que entre ambos ejecutan un 100% de incineraciones, se plantea que el 90% de las cremaciones fueron ejecutadas en el crematorio antiguo y un 10% en el crematorio nuevo durante el año 2015 y un 50% de cremaciones en el crematorio antiguo y un 50% en el crematorio nuevo durante el 2016, información que se resume en la siguiente tabla y cuyos porcentajes fueron redondeados para facilitar el análisis:

Supuesto 2

Conociendo la información asociada a las cámaras de conservación podemos suponer que fueron utilizadas durante los 12 meses en el crematorio antiguo y 2 meses en el crematorio nuevo durante el 2015 y que fueron utilizadas durante los 12 meses del año tanto en el crematorio nuevo como el antiguo en el año 2016.

Por lo tanto, considerando los puntos del 1 al 5 y los supuesto 1 y 2 se tiene la siguiente información:

Tabla 8: Numero de cremaciones ejecutadas año 2015-2016.

N° Cremaciones /año	Total
2015	144
2016	178

Fuente: Elaboración propia en base a la información de fuentes primarias.

Tabla 9: Consumos totales y porcentajes CA y CN.

Edificio	2015	Porcentaje	2016	Porcentaje
CA	44.669 Kwh	90% aprx.	30.514 Kwh	50% aprx
CN	2.912 Kwh	10% aprx.	28.931 Kwh	50% aprx
Total	47.581 Kwh	100%	59.445 Kwh	100%

Fuente: Elaboración propia en base a la información de fuentes primarias.

Teniendo esta información se puede determinar el consumo asociados a las incineraciones en los dos años de estudio que se ve reflejado en la siguiente tabla

Tabla 10: Consumos asociados a la incineración de cuerpos año 2015-2016, CA y CN.

Año	Total cremaciones	Crematorio	% de incineración	Cremaciones Ejecutadas	Rango de consumo	Tiempo por incineración	Consumo
2015	144	CA	90	130	1-1,5 KW	2 h	390 KWh
		CN	10	14	1-1,5 KW	2 h	42 KWh
2016	178	CA	50	89	1-1,5 KW	2 h	267 KWh
		CN	50	89	1-1,5 KW	2 h	267 KWh

Fuente: Elaboración propia

Y el consumo asociado a las cámaras de conservación que se describen en la siguiente tabla:

Tabla 11: Consumos asociados a las cámaras de conservación de cuerpos año 2015-2016, CA y CN.

Año	Cámara de conservación	Potencia promedio	Tiempo uso día	Consumo mes	Tiempo ocupación	Total
2015	CC-CA	3.50KW	12 h	840 KWh	12 meses	15.120 Kwh/año
	CC-CN	3.50 KW	12h	840 KWh	2 meses	2.520 Kwh/año
2016	CC-CA	3.50 KW	12h	840 KWh	12 meses	15.120 Kwh/año
	CC-CN	3.50 KW	12h	840 KWh	12 meses	15.120 Kwh/año

Fuente: Elaboración propia

Esta información con la ayuda de la ecuación de balance energético permite conocer de manera aproximada los consumos generados internamente en cada crematorio siendo la ecuación de balance la que se describe a continuación:

$$\text{Consumo inc.} + \text{Consumo cc} + \text{Consumo ilu} = \text{Consumo total}$$

Ecuación 1

Consumo inc.= Consumo asociado a la incineración

Consumo cc= Consumo generado por las cámaras de conservación

Consumo ilu. = Consumo total iluminaria externa + interna

Por tanto

Para el año 2015 CA (Calculo consumo iluminaria)

$$390 \text{ Kwh} + 15.120 \text{ Kwh} + x = 44.669 \text{ Kwh}$$

$$x = 29.159 \text{ Kwh}$$

Para el año 2015 CN (Calculo consumo iluminaria externa + interna)

$$42 \text{ Kwh} + 2.520 \text{ Kwh} + x = 2912 \text{ Kwh}$$

$$x = 350 \text{ Kwh}$$

Para el año 2016 CA (Calculo consumo iluminaria externa interna)

$$267 \text{ Kwh} + 15.120 \text{ Kwh} + x = 30.514 \text{ Kwh}$$

$$x = 15.127 \text{ Kwh}$$

Para el año 2016 CN (Calculo consumo iluminaria externa interna)

$$267 \text{ Kwh} + 15.120 \text{ Kwh} + x = 28.931 \text{ Kwh}$$

$$x = 15.127 \text{ Kwh}$$

Al plantear los supuestos se evidenció que los mayores consumos en ambos crematorios son alusivos a las cámaras de conservación y a las iluminarias tanto

externa como interna y los menores consumos son asociados a la incineración de cadáveres, este resultado era de esperar debido a que la electricidad solo es ocupada para el manejo del tablero donde se manejan las variables operacionales, al iniciar la cremación. Es importante recalcar que estos son valores aproximados y son para tener en antecedente el gasto individual y poder generar medidas de gestión en aquellos cuyo gasto y consumos son elevados.

Tabla 12: Tabla resumen de consumos aproximados asociados a las cámaras de conservación, incineración e iluminaria año 2015-2016 CA y CN.

Año	Crematorio	Consumo total	Consumo por incineración	Consumo por cámaras de conservación	Consumo iluminaria int+ exter
2015	Antiguo	44.669 KW h	390 KW h	15.120 KW h	29.159 KW h
	Nuevo	2.912 KW h	42KWh	2.520 KW h	350 KW h
2016	Antiguo	30.514 KW h	267 KW h	15.120 KW h	15.127KW h
	Nuevo	28. 931 KW h	267 KW h	15.120 KW h	15.127 KW h

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10.2 Diseño planta de compostaje.

2.1 Proceso de descomposición aeróbico

El proceso de descomposición aeróbica es un proceso de degradación biológica en donde los microorganismos transforman los compuestos orgánicos mediante reacciones metabólicas. Se realiza a través de microorganismos hongos aeróbicos

o lombrices que descomponen la materia orgánica. Dicho proceso está definido en la NCH 2.880/2003 como un proceso físico, químico y microbiológico cuyo objetivo es la producción de compost que finalmente es materia orgánica estabilizada utilizada como fertilizante para suelos. La descomposición como proceso, presenta distintas fases que se mencionan a continuación. (CIEMAT, 2000).

- Fase de latencia: La temperatura alcanza alrededor de 35° C y un pH ácido (4,5 a 5,5). A medida que aumenta la actividad de los microorganismos, la temperatura comienza a elevarse dando paso a la fase siguiente.
- Fase termófila: Junto con la proliferación de microorganismos termófilos, comienza la descomposición de macromoléculas orgánicas. El valor del pH se eleva por la acumulación de amoníaco y el incremento de la temperatura genera el proceso de pasteurización del material que provoca esterilización del material y ausencia de sustancias patógenas.
- Fase de maduración: Se produce la degradación de la mayor parte del material orgánico, la actividad de los microorganismos disminuye, desciende la temperatura y genera la estabilización del material llamado compost.

Junto con las fases descritas anteriormente dentro del proceso es importante considerar factores asociados a la materia orgánica a descomponer que son cruciales para una buena descomposición (FAO, 2013) y que son los siguientes:

- Relación C/N: Tanto el carbono como el nitrógeno son elementos necesarios para el crecimiento de los microorganismos es por esto que la relación C: N óptima es aproximadamente 30:1.

- Humedad: Los microorganismos requieren agua, especialmente para asimilar estos nutrientes, así que un intervalo adecuado de humedad se encuentra entre 50% y 70%.
- Oxigenación: La presencia de oxígeno es un factor relevante que determina que la descomposición sea aeróbica, por tanto, para el método propuesto basta con una aireación manual que debe ser controlada.
- PH: Indicador que permite observar si el proceso se desarrolla correctamente, al principio del compostaje se encuentra en un rango de pH ácido (entre los 4,5 y 5) mientras que al final del proceso alcanza niveles alcalinos (entre los 8,5 y 9).
- Temperatura: Los microorganismos que trabajan en la generación del compost, lo hacen en un intervalo óptimo entre los 45 °C y los 59°C.
- Tamaño de partícula: El tamaño de la partícula es determinante para la acción microbiana ya que a menor tamaño de partícula se tiene mayor área aumentando la velocidad de la descomposición. Sin embargo, si el tamaño de partícula es muy fino, éste se puede compactar dificultando la aireación. Un tamaño de partícula óptimo es de 2 cm aproximadamente.

2.2 Estimación de parámetros

Para estimar parámetros como densidad aparente y variables relevantes como relación C/N y humedad se procedió a trabajar con los datos proporcionados por el estudio “*Evaluación de tecnologías para la reutilización, valorización y disposición de residuos orgánicos, 2017*”, que contiene la variables aproximadas en cuanto a las propiedades fisicoquímicas de los principales componentes encontrados en la

materia orgánica a descomponer y que se asemeja a lo encontrado dentro de la institución.

Tabla 13: Propiedades fisicoquímicas de residuos de poda y jardín.

Propiedades	Ramas	Hojas	Césped	Unidad
Densidad s/comprimir	101	101	237	[Kg/m ³]
Relación C:N	55,0	30,0	17,0	[Kg C/ kg N] en base seca
Humedad	50,0	50,0	60,0	[%]peso

Fuente: (Cueto et al., 2017)

Como la información obtenida se asemeja a lo obtenido dentro de la institución, mencionando a los residuos de poda y jardinería como los principales en la recolección, las propiedades fisicoquímicas extraídas de la **Tabla 13**, son referencia para determinar las propiedades que pudiesen tener los desechos orgánicos encontrados al interior del CGC.

Es importante mencionar que no se generó un análisis de composición fisicoquímica, debido a que no era la finalidad, sin embargo, para encontrar la densidad aproximada se necesitó obtener el volumen de los residuos orgánicos recolectados mayoritariamente, para esto, se procedió a trabajar con información primaria, que permitió relacionar el transporte utilizado para trasladar los residuos de poda o jardinería, volumen del camión de transporte, meses de poda y el tiempo ocupado para la recolección. Con esta información se puede extraer los volúmenes de residuos de poda y jardinería mediante las siguientes ecuaciones:

$$V_{rp} = N_{c\ rp} \times V_c \times \text{meses o días de poda}$$

Ecuación 2

Siendo:

V_{rp} = Volumen residuos de poda m^3 .

$N_{c\ rp}$ = Número de camiones que transporta residuos de poda.

V_c = volumen del camión m^3 .

$$V_{rj} = N_{c\ rj} \times V_c \times \text{meses o días de recolección}$$

Ecuación 3

Siendo:

V_{rj} = Volumen de residuos de jardín m^3 .

$N_{c\ rj}$ = Número de camiones que transporta residuos de poda.

V_c = Volumen del camión m^3 .

Con esta información se logró encontrar el volumen total de los residuos orgánicos recolectados en la institución, siendo estos una mezcla de residuos de poda y jardinería y estos últimos mezcla de residuos de césped y hojas, con estos antecedentes se logró determinar el porcentaje en masa de cada componente que conforma los residuos encontrados, siendo esta información relevante para determinar de manera aproximada las propiedades fisicoquímicas de los residuos orgánicos recolectados internamente, por lo tanto considerando la **Tabla 13** y la composición porcentual, se puede determinar la densidad aparente relación C/N y humedad total de los residuos de manera aproximada, con la ayuda de las siguiente ecuaciones:

$$\rho_t = \rho_r * \rho_r + \rho_h * \rho_h + \rho_c * \rho_c$$

Ecuación 4

$$\frac{C}{Nt} = \frac{C}{Nr} * pr + \frac{C}{Nh} * ph + \frac{C}{Nc} * pc$$

Ecuación 5

$$Ht = Hr * pr + Hh * ph + Hc * pc$$

Ecuación 6

Siendo:

ρ_t =densidad total en kg/m³

ρ_r =densidad de ramas kg/m³

p_r =porcentaje de ramas

ρ_h =densidad de hojas +flores kg/m³

p_h =pporcentaje hojas+ flores

ρ_c =densidad de cespced kg/m³

p_c =porcentaje cespced

C/N_t = relación total carbono, nitrógeno

C/N_r = relación total carbono, nitrógeno

H_t = Humedad total.

H_r = Humedad ramas.

H_h = Humedad hojas + flores

H_c = Humedad céspced.

Para determinar el volumen, superficie de las pilas y superficie apta para almacenar las pilas se utilizó una geometría conocida recomendada por la (FAO, 2013) en el manual de compostaje, siendo estas las que se indican a continuación:

$$V = \frac{H * A * L}{2}$$

Ecuación 7

$$S = A * L$$

Ecuación 8

Siendo:

V =volumen en (m³)

H= Altura de la pila en (m)

L= Largo de la pila en (m)

A= Ancho en (m)

S = Superficie (m²)

Con los datos anteriores se puede determinar que la cantidad de pilas de almacenamiento necesarias para un volumen determinado y una superficie óptima.

2.3. Compostaje en pilas con volteo manual.

Método al aire libre que consiste en formar pilas de residuos que serán aireadas frecuentemente de manera manual o mecánica, para poder establecer un medio aeróbico donde se apila la materia orgánica, con una altura y ancho suficiente que permita mantener la temperatura óptima para el proceso de descomposición. La anchura por lo general debe ser el doble que la altura. La altura ideal debe ser suficiente para generar el calor adecuado y mantener la temperatura óptima para la descomposición y permitir la difusión del oxígeno al centro de la pila, la altura ideal está entre 1 y 2,5 metros y la anchura entre 4 y 5 metros (FAO, 2013). La aireación se produce de forma pasiva por difusión del oxígeno al interior de la pila. Para facilitarla es posible realizar volteos a la pila, para lo cual se pueden usar maquinas o personal con palas, dependiendo del volumen. Según (Escala et al., 1993), el aire que se inyecta a la pila debe ser del orden de 104 m³/día por cada metro cúbico de compost. La aireación no debe ser excesiva, puesto que pueden producir

variaciones en la temperatura y en el contenido en humedad. El periodo de estabilización es relativamente corto, lográndose entre 4 o 6 meses el proceso total. El proceso de fermentación suele durar entre 4 a 8 semanas y 1 a 2 meses la maduración, dependiendo del material y la capacidad de aireación (Silva, López y Valencia, 2002).

2.4 Estimación de la densidad aproximada de los residuos orgánicos recolectados

Para obtener la densidad aproximada se necesita obtener el volumen de los residuos orgánicos recolectados, para esto se procedió a trabajar con los siguientes datos proporcionados por el personal y la administración.

Tabla 14: Información para obtener volumen de residuos de poda y jardín.

Proporción de césped en Residuos de jardín	80% en volumen
Número de camiones recolectores de podas	1 camión
Número de camiones recolectores de jardinería	1 camión
Volumen de camión recolector ³/₄ toneladas	12 m ³
Tiempo recolección residuos de poda	1 mes =30 días
Tiempo recolección residuos de jardinería	12 meses = 365 días

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado se consideró que los residuos de poda corresponden a ramas y los residuos de jardinería mezcla de césped y hojas. Por tanto, de la ecuación 3 y 4 se extrae la siguiente información:

$$V_{rp} = 1 \frac{\text{camion}}{\text{semana}} \times \frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ dias}} \times 12 \frac{\text{m}^3}{\text{camion}} \times 30 \text{ dias}$$

$$V_{rp} = 51,4 \text{ m}^3$$

Siendo:

V_{rp} = volumen residuos de poda

$N_{c rp}$ = número de camiones que transporta residuos de poda

V_c = volumen del camión

$$V_{rj} = 1 \frac{\text{camion}}{\text{dia}} \times 12 \frac{\text{m}^3}{\text{camion}} \times 365 \text{ dias}$$

$$V_{rj} = 4.372 \text{ m}^3$$

V_{rj} = Volumen de residuos de jardín.

$N_{c rj}$ = Número de camiones que transporta residuos de poda.

V_c = Volumen del camión.

El volumen total de residuos orgánicos recolectados en la institución siendo esta una mezcla de residuos de poda y jardinería es de 4.423 m³ /año o 369 m³/mes de los cuales un 1.2 % del total equivale a residuos de poda siendo esto un 51.4 m³ y un 99% a residuos de jardinería lo que equivale a 4.372 m³ donde encontramos residuos de césped y hojas. Cabe destacar que dentro de la composición de los residuos de césped se encuentran las flores. Del 99% de residuos de jardinería un 19% aproximado corresponde a hojas siendo estos 874 m³ y un 80% corresponde a césped siendo este 3.454 m³.

En resumen el porcentaje volumen de los residuos recolectados se indica a continuación:

Tabla 15: Porcentaje en volumen de residuos de poda y jardín.

% volumen ramas	% volumen hojas	% volumen césped
1.2%	19%	80%

Fuente: Elaboración propia en base a la información obtenida.

2.5 Propiedades fisicoquímicas aproximadas.

Considerando los datos de la tabla 3 y las ecuaciones 3, 4 y 5 se obtiene de manera aproximada las propiedades fisicoquímicas de los principales componentes de la materia orgánica recolectada, siendo densidad aparente, relación C/N y humedad las siguientes:

$$\rho_t = \frac{101\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.012 + \frac{101\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.19 + \frac{237\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.80$$

$$\rho_t = 210\text{kg}/\text{m}^3$$

$$\text{C/Nt} = 55 \text{ kgC/KgN} * 0.012r + 30\text{kgC/KgN} * 0.19h + 17\text{kgC/KgN} * 0.80c$$

$$\text{C/Nt} = 21 \text{ kgC/KgN}$$

$$\text{Ht} = 50 * 0.012r + 30 * 0.19h + 17 * 0.80c$$

$$\text{Ht} = 20\% \text{ peso}$$

2.6 Cantidad de pilas de almacenamiento

Para determinar la cantidad de pilas de almacenamiento se necesita tener el volumen de material orgánico para almacenar. Esta información se determina con la densidad aproximada que fue obtenida anteriormente la que fue 210 Kg/ m³ y los kilos de residuos generados los cuales son 25.000 Kg/mes. Por otro lado para permitir que se genere la descomposición de manera efectiva se recomienda que la altura de las pilas no se mas allá de 1,5m y 4m de ancho para que la aireación sea efectiva siendo el largo opcional. (FAO, 2013), por tanto, con la ayuda de la geometría descrita en la **Ecuación 7 y 8** se tiene:

$$S = 4\text{m} \times 15\text{m} = 60\text{m}^2$$

$$V = \frac{1,5\text{m} \times 4\text{m} \times 15\text{m}}{2} = 45\text{m}^3$$

Es importante mencionar que los residuos orgánicos recolectados deben ser triturados para reducir su tamaño por lo que considerando la utilización de una maquina reductora de tamaño como lo es la chipeadora se pueden reducir los residuos en un 20% por lo tanto el nuevo volumen cambia debido a que la densidad se modifica en aproximadamente un 20% (FAO, 2013) siendo esta aproximadamente 168 Kg/m³, por tanto, el volumen aproximado de los residuos considerando que se generan en promedio 25.000 kg/mes es de :

$$V = 149\text{m}^3/\text{mes}$$

Con los datos anteriores se puede determinar que la cantidad de pilas de almacenamiento corresponde a:

$$\text{Cant. de pilas de almacenamiento} = \frac{149\text{m}^3}{45\text{m}^3} = 3$$

$$\text{Cant. de superficie ocupada por las pilas} = 8 \times 60\text{m}^2 = 180\text{m}^2$$

Por lo tanto, para almacenar 149 m³/mes de residuos orgánicos se necesitan 3 pilas de almacenamiento en una superficie de ocupación de 180 m² lugar disponible dentro de la institución.

2.7 Generación y Costos

Al hacer un análisis en condiciones ideales incorporando el método de compostaje, se estima que se permite reducir la generación en un 83% dentro de 6 a 9 meses, tiempo que demora aproximadamente en descomponerse la materia en las mejores condiciones. (Silva, López y Valencia, 2002).

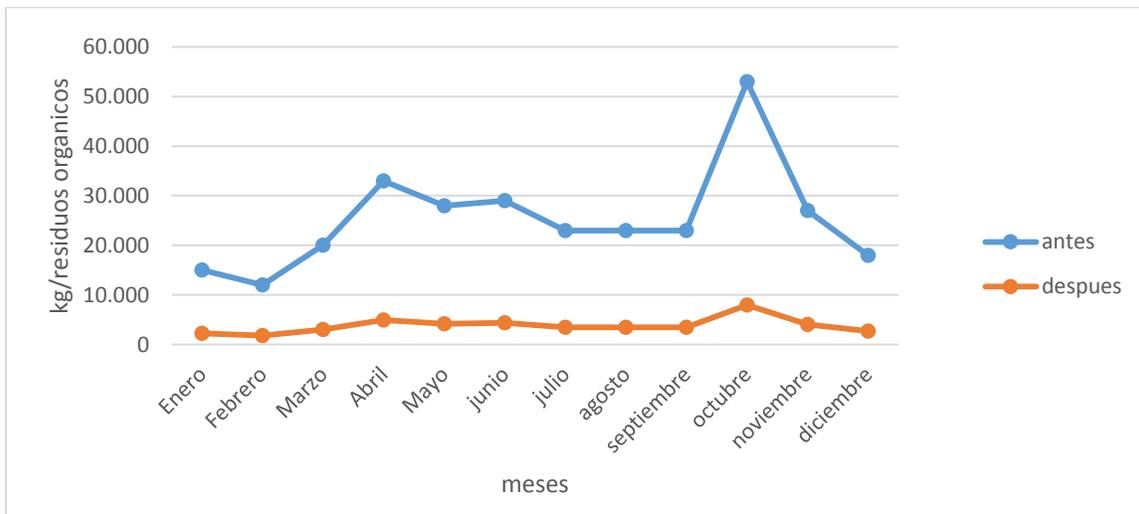


Figura 17: Generación de residuos con y sin propuesta.

Esta reducción permite ahorrar casi un 90% si considerando que el gasto por kilo de residuos sólidos a tratar es de 20 pesos.

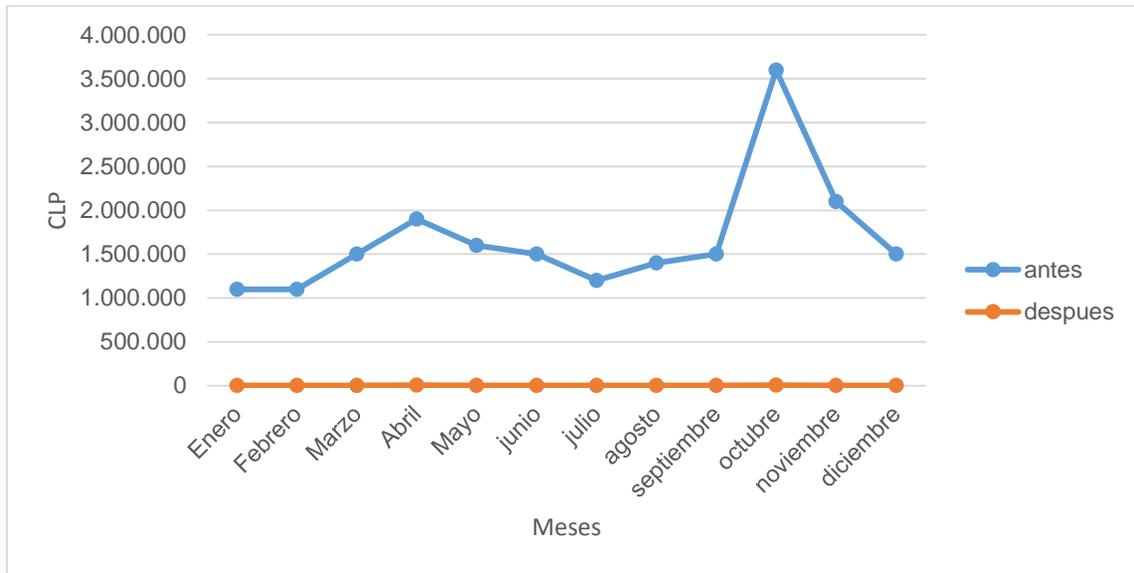


Figura 18: Gasto en disposición de residuos con y sin propuesta.

Anexo 10.3: Diseño sistema fotovoltaico.

3.1 Sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico, se basa en el fenómeno físico "efecto fotovoltaico", que consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de unos dispositivos semiconductores denominados celdas fotovoltaicas, para esto se diseñó una central on. Grid, sistema que utiliza paneles conectados a la red eléctrica. Para implementar este sistema se necesitó la siguiente información, basada en la metodología descrita por (Loaeza, Carmona and Tenorio et al 2012).

- ✓ Consumo de energía diario, para un día típico de cada mes.
- ✓ Información sobre la radiación, considerando la latitud y longitud de la localización.
- ✓ Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica, donde se calcula la cantidad de paneles necesarios para alimentar el consumo en los meses más críticos, es decir en invierno.

La obtención de información sobre la energía diaria consumida en un día típico, se obtuvo mediante el levantamiento de información en la etapa de recolección de datos cuantitativos de fuentes primarias.

Para la obtención de información correspondiente a la radiación en la zona de localización se obtuvo información de la base de datos del portal Atmospheric Science Data Center de la Nasa disponible en <https://earthdata.nasa.gov/about/daacs/daac-asdc>, cuyos datos manifestaron los meses críticos de irradiación. Este dato es importante de considerar debido a que permite conocer la cantidad de horas en que la radiación es intensa.

Teniendo la información anterior se procedió a calcular la cantidad de paneles fotovoltaicos necesarios para alimentar el consumo de los meses críticos siendo estos los meses de invierno donde se presenta menor radiación, para esto se estudiaron los paneles encontrados en el mercado chileno que junto con todo lo descrito anteriormente permitió obtener los resultados posteriores.

Es importante mencionar que al incorporar tecnología fotovoltaica, el consumo energético del establecimiento es considerado teórico, debido a que no considera las pérdidas asociadas a esta tecnología (Ingeniería, 2011), por tanto es importante indicar que para la instalación de estos paneles es necesario considerar la implementación asociada a ellos como batería, convertidor, entre otros implementos

que generan pérdidas, por tanto, el consumo real se describe a continuación con la siguiente ecuación. (Ingeniería, 2011)

$$E_{\text{real}} = \frac{ET}{R}$$

Ecuación 7

Siendo:

ET= Consumo energético teórico

R= Parámetro de rendimiento global de una instalación fotovoltaica

El parámetro de rendimiento global de una instalación fotovoltaica, considera las pérdidas generadas por los instrumentos o partes que conforman el sistema fotovoltaico como batería, convertidor acumulador, auto descarga entre otras pérdidas, por lo que este parámetro se considera una constante R que toma el valor aproximado de 0,789 (Ingeniería, 2011). Por otro lado la ecuación necesaria para calcular el número de paneles es la que se menciona a continuación.

$$NP = \frac{E_{\text{real}}}{0,9 * Wp * HPS}$$

Ecuación 8

Siendo:

Constante usada en el cálculo de paneles= 0,9

Wp= potencia máxima del panel.

HPS= horas del día donde se registra mayor radiación.

Para obtener las HPS horas punto solar es necesario utilizar la siguiente ecuación:

$$H = I * HPS$$

Ecuación 9

Siendo:

H= valor de la irradiación Kwh/m² día.

I= Irradiación incidente 1 Kwh/m² o 1000 W/m².

HPS= Horas punta solar h.

Para obtener información sobre la cobertura que genera la instalación fotovoltaica se ocupa la ecuación que relaciona la energía disponible del panel fotovoltaico y la energía consumida siendo este factor el que se representa en la siguiente ecuación. (Ingeniería, 2011).

$$Fi = \frac{ED}{EC}$$

Ecuación 10

Siendo:

Fi= Factor de cobertura

ED= Energía disponible generada por el panel fotovoltaico KWh

EC= Energía consumida KWh

La energía disponible obtenida del panel fotovoltaico se describe en la siguiente ecuación, (Ingeniería, 2011)

$$ED = NP * 0,9 * Wp * HPS$$

Ecuación 11

Siendo:

ED= Energía disponible generada por el panel fotovoltaico KWh.

NP= Numero de paneles.

Constante usada en el cálculo de paneles= 0,9

Wp= potencia máxima del panel KW

HPS= horas del día donde se registra mayor radiación h.

3.2 Calculo número de paneles

Para la obtención del número de paneles es necesario considerar 3 parámetros necesarios, consumo promedio diario, irradiación diaria neta y las horas Punta Solar.

- ✓ Consumo promedio diario

El consumo promedio diario del medidor correspondiente al crematorio nuevo se extrajo del capítulo 8 que establece el consumo anual de los 2 años de estudio por tanto el consumo diario se establece de la información proporcionada en el **punto 5.5.2**

- ✓ Consumo energético real

El consumo energético real asocia el consumo teórico y la constante R es un parámetro de rendimiento global que considera las perdidas asociadas a la instalación fotovoltaica (Ingeniería, 2011) por tanto la energía real es la siguiente.

Tabla 16: Información necesaria para obtener consumo real.

Consumo teórico	3.6 KWh /día
Constante R	0.789

$$E_r = \frac{3,6 \text{ KWh/día}}{0,789}$$

$$E_r = 4,56 \text{ KWh/di}$$

✓ Irradiación daría neta

Considerando las coordenadas geográficas del lugar de localización del cementerio General de Concepción siendo estas 36°50'0" latitud sur y 73°3'0" longitud oeste con una elevación de 12 m.s.n.m. aproximadamente se pudo extraer información de la radiación global diaria media del portal Atmospheric Science Data Center de la Nasa, esta información permite determinar las horas punta solar necesarias para calcular el número de paneles solares a utilizar en la instalación fotovoltaica, por tanto la información se entrega en la **Tabla17**.

Tabla 17: Radiación global diaria media mensual.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
H (Kwh/m²día)	8,34	7,15	5,66	3,96	2,6	2,1	2,43	3,29	4,8	6,2	7,54	8,24

Fuente: Portal Atmospheric Science Data Center de la Nasa.

✓ Horas punta solar

Se define como las horas de luz solar por día definidos en base a una irradiancia I constante de 1000W/m² o 1 Kw/m², este valor se reporta como una acumulación de energía horaria, diaria, que incide en una superficie de área conocida en un intervalo de tiempo dado, por tanto, considerando esta información y la **Ecuación 9**, las horas punta solar son la siguiente:

$$HPS(Ene) = \frac{8,34 \left(\frac{KWh}{m^2 dia}\right)}{1 KW/m^2} = 8$$

$$HPS(Feb) = \frac{7,15 \left(\frac{KWh}{m^2 dia}\right)}{1 KW/m^2} = 7$$

$$HPS(Mar) = \frac{5,66 \left(\frac{KWh}{m^2 dia}\right)}{1 KW/m^2} = 6$$

$$HPS(Abr) = \frac{3,96 \left(\frac{KWh}{m^2 dia}\right)}{1 KW/m^2} = 4$$

$$HPS(May) = \frac{2,6 \left(\frac{KWh}{m^2 dia}\right)}{1 KW/m^2} = 3$$

$$HPS(Jun) = \frac{2,1 \left(\frac{KWh}{m^2 dia}\right)}{1 KW/m^2} = 2$$

$$HPS(Jul) = \frac{2,43 \left(\frac{KWh}{m^2 dia}\right)}{1 KW/m^2} = 2$$

$$HPS(Ago) = \frac{3,29 \left(\frac{KWh}{m^2 dia}\right)}{1 KW/m^2} = 3$$

$$HPS(Sep) = \frac{4,8 \left(\frac{KWh}{m^2 dia}\right)}{1 KW/m^2} = 5$$

$$HPS(Oct) = \frac{6,2 \left(\frac{KWh}{m^2 dia}\right)}{1 KW/m^2} = 6$$

$$HPS(Nov) = \frac{7,54 \left(\frac{KWh}{m^2 dia}\right)}{1 KW/m^2} = 8$$

$$HPS(Dic) = \frac{8,24 \left(\frac{KWh}{m^2 dia}\right)}{1 KW/m^2} = 8$$

Por lo tanto, para una irradiación determinada se tienen las siguientes horas punto solar:

Tabla 18: Horas punto solar en base a la radiación global diaria media mensual.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
H (kwh/m2dia)	8,34	7,15	5,66	3,96	2,6	2,1	2,43	3,29	4,8	6,2	7,54	8,24
HPS (h)	8	7	6	4	3	2	2	3	5	6	8	8

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Número de paneles

Luego de tener estos 3 parámetros, se procede a calcular el número de paneles necesarios para cubrir la demanda diaria para el medidor propuesto. Para este proyecto se hizo una investigación con respecto a las características técnicas del panel de mayor cobertura que se encuentra en el mercado chileno siendo este de 320 w considerando por tener una eficiencia mayor a los demás con un porcentaje de 16,46% por tanto el cálculo de paneles se genera mediante la **Ecuación 8**.

Calculo de paneles solares:

$$NP (\text{ene}) = \frac{\frac{4,56\text{KWh}}{\text{dia}}}{0,9 * 0,32 * 8} = 13$$

$$NP (\text{Feb}) = \frac{\frac{4,56\text{KWh}}{\text{dia}}}{0,9 * 0,32 * 7} = 11$$

$$NP (\text{Mar}) = \frac{\frac{4,56\text{KWh}}{\text{dia}}}{0,9 * 0,32 * 6} = 10$$

$$NP (\text{Abr}) = \frac{\frac{4,56\text{KWh}}{\text{dia}}}{0,9 * 0,32 * 4} = 6$$

$$NP (\text{May}) = \frac{\frac{4,56\text{KWh}}{\text{dia}}}{0,9 * 0,32 * 3} = 5$$

$$NP (\text{Jun}) = \frac{\frac{4,56\text{KWh}}{\text{dia}}}{0,9 * 0,32 * 2} = 3$$

$$NP (\text{jul}) = \frac{\frac{4,56\text{KWh}}{\text{dia}}}{0,9 * 0,32 * 2} = 3$$

$$NP (Ago) = \frac{4,56KWh}{0,9 * 0,32 * 2} = 5$$

$$NP (Sep) = \frac{4,56KWh}{0,9 * 0,32 * 3} = 8$$

$$NP (Oct) = \frac{4,56KWh}{0,9 * 0,32 * 5} = 10$$

$$NP (Nov) = \frac{4,56KWh}{0,9 * 0,32 * 8} = 13$$

$$NP (Dic) = \frac{4,56KWh}{0,9 * 0,32 * 8} = 13$$

Siendo 0,9 constante usada en el cálculo de paneles Wp potencia máxima del panel, y HPS horas del día donde se registra mayor radiación.

Tabla 19: Numero de paneles fotovoltaicos.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
NP	13	11	10	6	5	3	3	5	8	10	13	13

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Calculo de energía disponible

Para determinar la energía disponible asociada a la cantidad de paneles necesarios para cubrir cada mes del año se necesitó de la **Ecuación 11**, por tanto los cálculos son los siguientes.

$$ED (\text{Ene}) = 13 * 0,9 * 0,32 * 8 = 5 \text{ KWh}$$

$$ED (\text{Feb}) = 11 * 0,9 * 0,32 * 7 = 4 \text{ KWh}$$

$$ED (\text{Mar}) = 10 * 0,9 * 0,32 * 6 = 5 \text{ KWh}$$

$$ED (\text{Abr}) = 6 * 0,9 * 0,32 * 4 = 5 \text{ KWh}$$

$$ED (\text{May}) = 5 * 0,9 * 0,32 * 3 = 4 \text{ KWh}$$

$$ED (\text{Jun}) = 3 * 0,9 * 0,32 * 2 = 5 \text{ KWh}$$

$$ED (\text{Jul}) = 3 * 0,9 * 0,32 * 2 = 5 \text{ KWh}$$

$$ED (\text{Ago}) = 5 * 0,9 * 0,32 * 3 = 4 \text{ KWh}$$

$$ED (\text{Sep}) = 8 * 0,9 * 0,32 * 5 = 4 \text{ KWh}$$

$$ED (\text{Oct}) = 10 * 0,9 * 0,32 * 6 = 4 \text{ KWh}$$

$$ED (\text{Nov}) = 13 * 0,9 * 0,32 * 8 = 5 \text{ KWh}$$

$$ED (\text{Dic}) = 13 * 0,9 * 0,32 * 8 = 5 \text{ KWh}$$

Por lo tanto la energía disponible se resume en la **Tabla 20**:

Tabla 20: Energía disponible asociada a los paneles fotovoltaicos.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ED KWh	5	4	5	5	4	5	5	4	4	4	5	5

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Calculo de factor de cobertura

Es importante considerar que la cobertura que genera la instalación fotovoltaica se relaciona la energía disponible del panel fotovoltaico y la energía consumida, siendo este factor el que se obtiene con la **Ecuación 10**.

Siendo:

ED= Energía disponible generada por el panel fotovoltaico

EC= Energía consumida

Calculo factor de cobertura

$$Fi (\text{Ene}) = \frac{5 \text{ KWh}}{4 \text{ KWh}} = 1$$

$$Fi (\text{Feb}) = \frac{4 \text{ KWh}}{4 \text{ KWh}} = 1$$

$$Fi (\text{Mar}) = \frac{5 \text{ KWh}}{4 \text{ KWh}} = 1$$

$$Fi (\text{Abr}) = \frac{5 \text{ KWh}}{4 \text{ KWh}} = 1$$

$$Fi (\text{May}) = \frac{4 \text{ KWh}}{4 \text{ KWh}} = 1$$

$$Fi (\text{Jun}) = \frac{5 \text{ KWh}}{4 \text{ KWh}} = 1$$

$$Fi (\text{jul}) = \frac{5 \text{ KWh}}{4 \text{ KWh}} = 1$$

$$Fi (\text{Ago}) = \frac{4 \text{ KWh}}{4 \text{ KWh}} = 1$$

$$Fi (\text{Sep}) = \frac{4 \text{ KWh}}{4 \text{ KWh}} = 1$$

$$Fi (\text{Oct}) = \frac{5 \text{ KWh}}{4 \text{ KWh}} = 1$$

$$Fi (\text{Nov}) = \frac{5 \text{ KWh}}{4 \text{ KWh}} = 1$$

$$Fi (\text{Dic}) = \frac{5 \text{ KWh}}{4 \text{ KWh}} = 1$$

En resumen utilizando las ecuaciones anteriores se obtiene la siguiente tabla resumen:

Tabla 21: Resumen de datos obtenidos.

Meses	H KWh/m ² dia	HSE h	P max KW	EC KWh	EG Kwh	ED KWh	NP	Fi
Ene	8,34	8	0,32	4	60	5	13	1
Feb	7,15	7	0,32	4	52	4	11	1
Mar	5,66	6	0,32	4	45	5	10	1
Abr	3,96	4	0,32	4	30	5	6	1
May	2,6	3	0,32	4	22	4	5	1
Jun	2,1	2	0,32	4	15	5	3	1
Jul	2,43	2	0,32	4	15	5	3	1
Ago	3,29	3	0,32	4	22	4	5	1
Sep	4,8	5	0,32	4	37	4	8	1
Oct	6,2	6	0,32	4	45	4	10	1
Nov	7,54	8	0,32	4	60	5	13	1
Dic	8,24	8	0,32	4	60	5	13	1

Fuente: Elaboración propia.

Para abastecer al crematorio nuevo se necesitan un máximo de 13 paneles para cubrir la demanda de enero noviembre y diciembre y 3 mínimos para cubrir la demanda de los meses críticos siendo este junio y este julio, sin embargo, se genera una cobertura total durante todo el año lo que implica que no se necesite energía

adicional al sistema propuesto. Sin embargo, como este sistema es ideal sería necesario acceder a la energía eléctrica cotidiana para evitar posibles eventualidades.

3.6 Consumos y Costos

Al hacer un análisis de costos en condiciones ideales incorporando paneles fotovoltaico se estima que se permite reducir la extracción de energía en un 100% como lo indican los factores de cobertura en el mejor de los casos, sin embargo, suponiendo que se reduce en un 90% los costó se verán notoriamente reducidos.

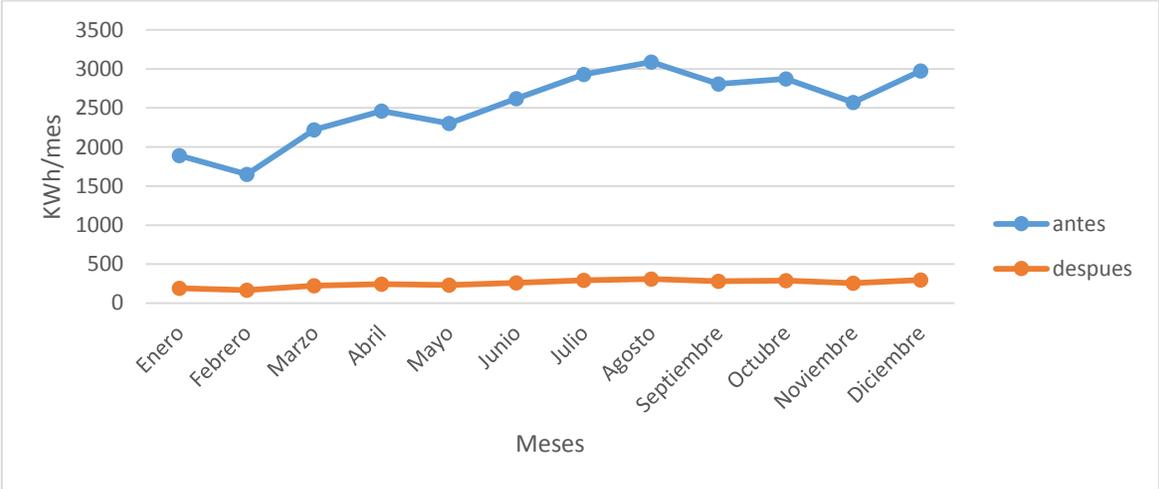


Figura 19: Consumo de energía con y sin propuesta.

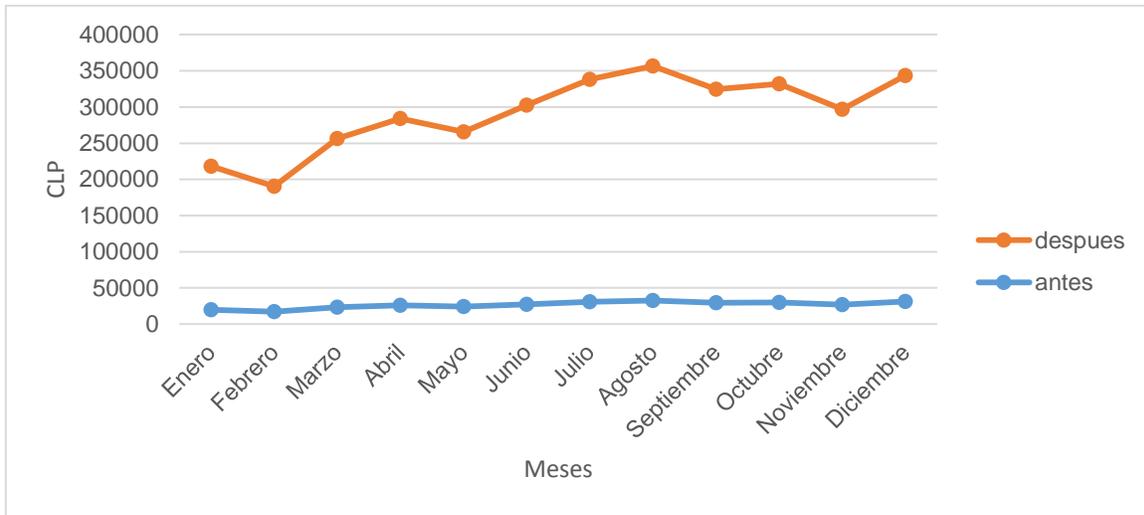


Figura 20: Gasto de energía con y sin propuesta.

Como se aprecia en los gráficos anteriores la reducción de energía consumida o extraída se reduce considerablemente, si se tuviera un cobertura del 90% lo que se traduce también en una reducción en gasto de un 90%. Esta información fue posible calcularla con un valor del KWh de \$105 pesos aproximados, lo que indica la compañía CGE en sus Tarifas suministro eléctrico año 2018.