

Análisis de la implementación de Cubiertas Verdes como diseño sostenible en la ampliación de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima.

Yasmin Castro Rosero

Código 34.326.274

Universidad La Gran Colombia

Facultad de Arquitectura

Tecnología en Construcción Arquitectónica

Bogotá D.C. 2018.

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

Observaciones

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma Director Trabajo de Grado

---

Firma del presidente jurado

---

Firma del jurado

**Tabla de contenido**

<i>Introducción</i>	7
<i>Planteamiento del Problema</i>	8
<i>Justificación</i>	9
<i>Objetivos</i>	10
Objetivo General	10
Objetivos Específicos	10
<i>Marco Teórico</i>	11
Cubiertas verdes y Diseño Arquitectónico	11
Seguridad en los Establecimientos de Reclusión del Orden Nacional	15
Arquitectura Penitenciaria	16
<i>Marco Conceptual</i>	21
Cubiertas Verdes	23
Clasificación de las Cubiertas Verdes	23
Componentes de un sistema de techos verdes	25
<i>Metodología de la Investigación</i>	27
Recolección de datos	28
<i>Análisis de los datos</i>	32
Impacto Económico del Agua Potable	32
Impacto de Seguridad Penitenciaria	36
<i>Resultados y discusión</i>	39
Sistema de Recolección y Aprovechamiento de Aguas Lluvias	39
Tipo de Planta	43
Modelo Guía establecida por el INPEC	44
<i>Propuesta Modelo de la Guía para el Mantenimiento de Cubiertas Verdes en los ERON</i>	49
<i>Conclusiones</i>	51
<i>Lista de Referencias</i>	53

### Lista de Figuras

Figura 1 Diagramación Sistema de Seguridad. _____	16
Figura 2 Diagramación del Sistema. _____	20
Figura 3 Diagramación de Distribución. _____	21
Figura 4 Estructura CPMS Espinal – Fuente USPEC _____	29
Figura 5 Estructura Cubierta y Celdas del CPMS Espinal – Fuente USPEC. _____	30
Figura 6 Tubería y Tanques de agua potable del CPMS Espinal – Fuente Propia _____	31
Figura 7 Vegetación de la Cubierta Verde – Fuente Propia _____	31
Figura 8 Humedad, filtraciones – Fuente Propia _____	32
Figura 9 Consolidado consumo de Agua Potable _____	34
Figura 10 Probabilidad diaria de precipitación - <a href="http://cort.as/-C-7B">http://cort.as/-C-7B</a> _____	35
Figura 11 Ubicación CPMS de Espinal – Tolima – Fuente google Maps _____	36
Figura 12 Esquema de altura de la garita – Fuente USPEC _____	37
Figura 13 Estructura Cubierta del CPMS Espinal – Fuente USPEC _____	38
Figura 14 Tipo de Planta para Cubiertas Verdes Extensivas - Fuente <a href="http://goo.gl/44ZW2W">goo.gl/44ZW2W</a> . _	44
Figura 15 Modelo Estructura Guía INPEC – Fuente INPEC _____	48

### Lista de Tablas

Tabla 1 Descripción Sistemas de Cubiertas Verdes _____	24
--	----

Análisis de la implementación de Cubiertas Verdes como diseño sostenible en la ampliación de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima.

### **Resumen**

La infraestructura de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima, cuenta con un sistema sostenible de cubiertas verdes, implementadas en la ampliación construida en el año 2016 – 2017, para lo cual se hace necesario analizar el impacto económico del agua y de seguridad penitenciaria, en la implementación de cubiertas verdes en los Establecimientos del Orden Nacional, como resultado se obtuvo una propuesta teórica basado en el análisis de las características negativas y positivas sobre el tipo de cubiertas implementadas, estableciendo que para el caso de estudio es que la cubierta extensiva es la adecuada con el tipo de planta ecológica de poco mantenimiento, siendo el sistema más apropiado para el Establecimiento Carcelario permitiendo reducir los gastos en insumos y materiales, así como en el área de seguridad, accediendo a mejorar la visibilidad sobre las cubiertas, disminuyendo los factores de riesgo que pudieran generar ventanas de poca visual y en ellas oportunidad para la fuga del personal privado de la libertad.

Palabras clave: cubiertas verdes, seguridad, mantenimiento, preventivo, correctivo, Penitenciario.

**Abstract**

The infrastructure of the Medium Security Penitentiary and Prison of Espinal - Tolima, has a sustainable system of green roofs, implemented in the extension built in the year 2016 - 2017, for which it is necessary to analyze the economic impact of water and prison security, in the implementation of green roofs in the National Order Establishments, as a result a theoretical proposal was obtained based on the analysis of the negative and positive characteristics on the type of covers implemented, establishing that for the case study it is that the Extensive cover is appropriate with the type of ecological plant of little maintenance, being the most appropriate system for the Prison Establishment allowing to reduce the expenses in supplies and materials, as well as in the security area, accessing to improve the visibility on the covers, decreasing the risk factors that could generate low-visibility windows and in them opportunity for the flight of the private personnel of the freedom.

Key words: green roofs, security, maintenance, preventive, corrective, Penitentiary.

## Introducción

Debido a la implementación, justificación y contextualización del uso de cubiertas verdes en la infraestructura de los Establecimientos Carcelarios del Orden Nacional - ERON, así como la falta de análisis sobre los temas de mantenimiento del sistema y de seguridad, se debe proyectar acciones para mejorar la implementación del sistema sostenible como son las cubiertas verdes.

En los climas cálidos se pueden implementar varias soluciones sostenibles, algunas enfocadas en los materiales constructivos, ya que aumentando el espesor de la losa o añadiendo material aislante generan desventajas en los procedimientos que no se tiene en cuenta desde el proceso del diseño y construcción del edificio, generando implicaciones en la estructura la cual genera gastos de implementación.

Las cárceles a nivel nacional actualmente tienen hacinamiento y deficiencias en materia de servicios públicos y asistenciales, principalmente en infraestructura física. Esta situación se ajusta plenamente a la falta de mantenimiento de los establecimientos penitenciarios Pupo, S., (2014), por lo cual la Unidad de Servicios Penitenciarios y Carcelarios – USPEC, ha realizado estudios técnicos, pero dentro de los procesos constructivos normales, la propuesta de implementar cubiertas verdes hace parte de la universidad nacional mediante un convenio interadministrativo con la USPEC, para el diseño y construcción de ampliaciones de algunos ERON, que brinden condiciones adecuadas para la habitabilidad de las Personas Privadas de la Libertad.

### **Planteamiento del Problema**

Entre los sistemas de energías renovables se encuentra las cubiertas verdes permitiendo la disminución de la temperatura en los espacios reducidos, siendo utilizadas por varias regiones del mundo para climatizar de forma eficiente y amigable con el medio ambiente, siendo una climatización pasiva que permite la reducción del calor al interior de las edificaciones y captura el CO<sub>2</sub> liberando oxígeno, teniendo como una segunda función el embellecimiento del entorno.

En términos generales el estado físico de la infraestructura, en los establecimientos de reclusión carcelaria y penitenciaria del orden nacional está conformada por construcciones que en la mayoría de los casos presenta deterioros, dado que algunas de ellas son construcciones de más de 50 años, motivo por el cual el problema se agrava en relación con la obsolescencia y funcionalidad de estas.

En el momento de analizar la funcionalidad de los diseños realizados en las ampliaciones de los Establecimientos de Reclusión ubicados en climas tropicales por la implementación de cubiertas verdes, se observan varias falencias en las características de seguridad y mantenimiento preventivo y correctivo que no han sido estudiadas, por lo que se plantea la pregunta ¿Cuál es el impacto económico del agua potable y de seguridad penitenciaria, en las cubiertas verdes de la ampliación de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima?



### **Justificación**

Es importante realizar la investigación sobre los impactos económicos del agua potable y de seguridad penitenciaria, en las cubiertas verdes de la ampliación de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima, porque su implementación carece de un sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias, y del conocimiento necesario sobre la evaluación, mantenimiento por profesionales en el sistema, lo cual puede contribuir a los Establecimientos de Reclusión del Orden Nacional que cuentan con el sistema sostenible de cubiertas verdes para lograr un correcto proceso de mantenimiento, utilización de los recursos hídricos, evitar el crecimiento de plantas nocivas y mantener la limpieza adecuada sin afectar la estructura.

Por lo anterior, es pertinente la investigación porque aporta un material práctico como es una propuesta teórica para el Mantenimiento Preventivo y Correctivo de las cubiertas verdes, la cual permite a los funcionarios conocer de una forma clara y practica el funcionamiento de estas, siendo un recurso que se puede actualizar a medida que se crean diseños, materiales e insumos innovadores para el mejoramiento de las cubiertas verdes.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Analizar el impacto económico del agua potable y de seguridad penitenciaria para el mantenimiento preventivo y correctivo, en las cubiertas verdes de la ampliación de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima.

### **Objetivos Específicos**

Analizar los factores económicos en el consumo del agua que inciden por implementación de cubiertas verdes en ampliación de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima.

Describir los procesos de seguridad penitenciaria que se contextualiza como un diseño integrado sobre las cubiertas verdes en la ampliación de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima.

Construir una propuesta teórica para el mantenimiento preventivo y correctivo de las cubiertas verdes en la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima.

## Marco Teórico

### Cubiertas verdes y Diseño Arquitectónico

La arquitectura se asocia a los sistemas sostenibles observando una relación entre los seres humanos y los sistemas de vida, teniendo como máxima expresión el ambiente construido, siendo definida como:

El futuro de la arquitectura sostenible está ligado a la concepción de edificios como edificios vivos. En una explicación simple, la práctica sostenible tiende a promover la eficiencia en el manejo de la energía y el uso de productos que son más seguros, renovables y reciclables, y reducen desperdicios dañinos en su producción. Un diseño sostenible exitoso es el resultado de un proceso integrado en la toma de decisiones, empezando desde el comienzo del proyecto.

De esta manera, la “construcción verde” implica el diseño y ejecución de modelos considerando tres elementos principales: un ambiente interior saludable, la máxima eficiencia y conservación de la energía y el uso racional de los recursos naturales. (Villa, 2009, p. 42).

En el año de 1960, se inició la investigación sobre la implementación de cubiertas verdes, siendo un punto de partida, permitiendo que en la actualidad en varios países se está implementado el sistema de cubiertas verdes reglamentado y respaldado con la normatividad, el objetivo principal es minimizar los procesos constructivos que no cuentan con una responsabilidad y uso racional frente a los temas de sostenibilidad.

Entre las ventajas que se observan para la implementación de las cubiertas verdes relacionadas con el objeto de la investigación, se destaca la durabilidad de la cubierta según el análisis realizado por Ibáñez R, (2008), la capa vegetal y el medio de crecimiento aíslan de los rayos de sol, agentes externos y fluctuaciones de temperatura la losa estructural del techo, prolongando su vida útil y previniendo agrietamientos producidos por cambios térmicos. Con las cubiertas verdes se puede extender la vida de una cubierta a 40 años o el doble de una cubierta tradicional.

Explica Hans J. Seeger, presidente de la Asociación de Jardineros de Cubiertas y Tejados de Alemania que:

En Alemania, existe mayor experiencia reciente en el tema a nivel global, existen cubiertas ecológicas de más de 30 años que aún no han tenido que ser renovadas o intervenidas para reparaciones. En Europa, Japón y Norteamérica los mayores proveedores de cubiertas verdes ofrecen garantías de por lo menos 20 años sobre la instalación y el desempeño en general del sistema. Tobalina, (2007) citado por Ibáñez R, (2008), p. 32.

Dentro de los beneficios de implementar un sistema sostenible como las cubiertas verdes, se puede realizar un análisis pormenorizado de cada beneficio, entre ellos se encuentra el agua de lluvia, la temperatura y la degradación de los materiales del edificio. El manejo del agua lluvia en el sistema de cubiertas verdes hacen una contribución importante para el drenaje adecuado de las aguas lluvias, ya que una porción de agua es retenida por las plantas y las tierras, reduciendo la cantidad de agua que llega a la vía pública.

El almacenamiento de las aguas lluvias hace parte de un proceso, en el cual la parte vegetal recepciona, almacena el agua y la restablece por evaporación, posteriormente el almacenamiento de agua debe ser controlado de tal forma que la cubierta verde cuenta con canales permitiendo que el agua sea conducida al sistema de recolección de agua lluvias y sea reciclada para su posterior utilización en el riego.

El consumo energético en la cubierta de un edificio cumple varias funciones y su diseño varía según el enfoque de la construcción y los diversos requerimientos que sean aplicables, como lo describe Suman, B. (2009) el uso de hormigón pobre o de membranas permite crear una barrera aislante para impedir la transferencia de calor, un techo verde va un paso más allá, ya que ofrece no solo aislamiento, sino también de mecanismos que facilitan la pérdida de calor, algunos de estos mecanismos son beneficiosos también en impedir la pérdida de calor durante los días fríos.

La reducción del efecto “Isla de Calor” en los techos verdes pueden tener efectos positivos e impactantes sobre la temperatura promedio de una ciudad en una gran escala, el efecto llamado “Isla de Calor” es un fenómeno que se presenta en áreas urbanas e involucra el aumento de la temperatura ambiente respecto de las zonas circundantes, esto se debe principalmente a las diferentes propiedades de absorción y radiación térmica y las características superficiales, como el albedo de los materiales presentes en los centros urbanos respecto de los encontrados en zonas rurales. Solecki, W., Parshall, L., Gaffin, S., Lynn, B., Goldberg, R., Cox, J., Hodges, S., (2006).

La implementación de la tecnología sostenible ha sido tomada en cuenta por la comisión de Medio Ambiente de la ONU para solucionar problemas de urbanización como el confort, manejo de aguas lluvias y purificación del aire en el caso de las cubiertas verdes. De acuerdo a Villa, F. (2009) un diseño sostenible exitoso es el resultado de un proceso integrado en la toma de decisiones, empezando desde el comienzo del proyecto, la propuesta de desarrollar un diseño que integre las diferentes tecnologías sostenibles permite identificar cuales pueden cumplir con el propósito de lograr un ahorro logrando una edificación funcional, eficiente, armónica entre otras.

Aunque en el país aún no se cuenta con una normativa establecida frente al tema de las cubiertas verdes y los muros ajardinados, algunos edificios comerciales y residenciales han tomado la iniciativa de implementar el sistema. Sin embargo, el proyecto de Acuerdo 386 de 2009 del Concejo de Bogotá, promueve las tecnologías para implementar este sistema en la capital del país. De esta manera, el Acuerdo establece *“Las cubiertas vegetales, pueden de forma directa o indirecta, contribuir a recuperar el entorno natural”*. Mediante incentivos tributarios, los gobiernos están impulsando esta tendencia que trae beneficios individuales y sociales.

A nivel mundial, La ASTM (American Society for Testing and Materials) reglamentó algunos aspectos de las cubiertas verdes, como las cargas vivas, las cargas muertas para su diseño estructural, las capas de drenaje, los métodos para la comprobación de retención de agua en capas de drenaje, los estándares para permeabilidad y materiales granulares.

Según el trabajo de grado de Germán Pineda (*Estrategias para incentivar la sostenibilidad en la construcción: motivaciones, revisión de casos internacionales y propuesta de impulso en el mercado colombiano*), es claro que hay avances normativos para techos verdes en los códigos alemanes –pioneros en el mundo– ya cuentan con incentivos para promover las terrazas verdes asociadas a coeficientes de escurrimientos, desconexiones del sistema de alcantarillado combinado, uso de materiales libres de VOC y altura mínima de cobertura vegetal. También existen estímulos tarifarios para no utilizar el alcantarillado pluvial y por reutilizar el agua lluvia. En Alemania se evalúa la calidad de la terraza mediante sistemas de calificación como los lineamientos del FLL.

Mediante el Decreto 4150 de 2011, por el cual se crea la Unidad de Servicios Penitenciarios y Carcelarios (USPEC) siendo esta la encargada del suministro de bienes, servicios e infraestructura, apoyo logístico y administrativo para el INPEC, la cual de acuerdo al documento CONPES 3086, del Departamento Nacional de Planeación para la ampliación de la infraestructura penitenciaria y carcelaria, de acuerdo al nivel jerárquico el Ministerio de Justicia y del Derecho y encargado de la política criminal y penitenciaria, se determinaron las Ampliaciones de la Infraestructura Penitenciaria y Carcelaria, entre ellas se encuentra la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima.

### **Seguridad en los Establecimientos de Reclusión del Orden Nacional**

La Seguridad en los Establecimientos de Reclusión del Orden Nacional de Colombia cuenta con un diseño estructural, el cual está orientado a la custodia y vigilancia del personal privado de la libertad, los aportes que ha realizado en el ámbito penitenciario dentro del desarrollo teórico se encuentra el Manual de Instrucciones para la Evaluación de

la Justicia Penal de la Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito en Viena publicado en el año 2010, el cual hace referencia a una serie de elementos que se encuentran dentro de una clasificación entre ellas es la Seguridad Pasiva, Seguridad Dinámica y Preventivos, una sub clasificación en los que se describen los medios coercitivos y toda conducta que atente contra la seguridad del Centro de Reclusión. Yuste, L. (2015).

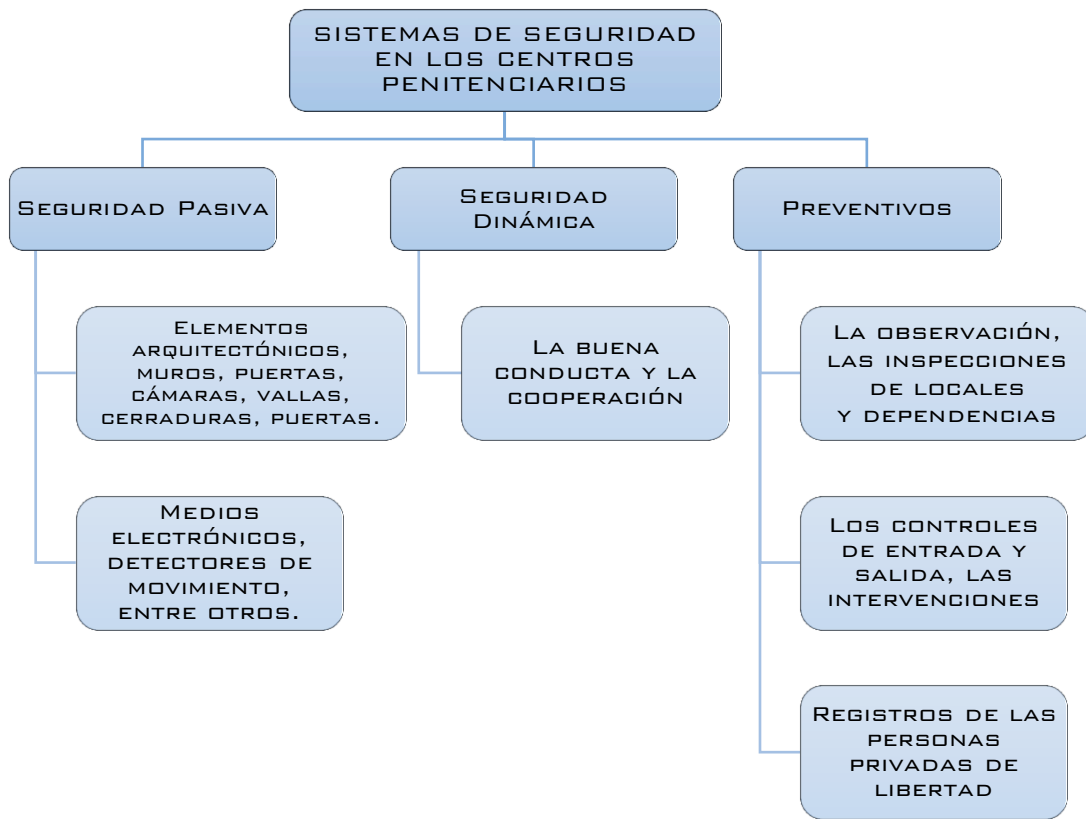


Figura 1 Diagramación Sistema de Seguridad.

### Arquitectura Penitenciaria

La arquitectura Penitenciaria se desarrolla de acuerdo al contexto del país que la construye, ya que tiene muchas variables económicas, normativas, sociales entre otras, que influyen en su diseño. En Colombia esta arquitectura especializada tiene falencias, el conocimiento en el diseño es limitado, lo cual es un arte y una técnica que tiene pocos



acortes innovadores, de acuerdo a lo argumentado por profesionales en la materia la arquitectura penitenciaria permite intervenciones en la infraestructura de los centros carcelarios embelleciéndolos pero conservando los aspectos de seguridad, por lo que es necesario que todo profesional en la arquitectura realice un reconocimiento de sistema penitenciario y carcelario para lograr aportes significativos en la proyección del diseño, en la actualidad se cuenta con pocos arquitectos que sean especialistas en el tema carcelario. Smythe, J. (2009).

En la antigüedad tenían la concepción que los espacios confinados eran los más adecuados para las personas que infringían las normas, la idea de tener edificaciones que fueran funcionales para una prisión no estaba muy clara solo se preocupaban de que los infractores se evadieran de los lugares de confinamiento. Por lo anterior, en la antigüedad no se observan grandes aportes sobre la arquitectura penitenciaria, siendo subutilizadas las edificaciones que no fueron construidas para contener personas privadas de la libertad, como tampoco existían parámetros de clasificación entre las mujeres, niños, hombres, ancianos, enfermos mentales, entre otros. La "*Prison Discipline Society*" de Londres, dentro de sus investigaciones determino que el trato inhumano por los espacios destinados para el confinamiento, considerando que los delincuentes tienen derecho a mejores condiciones, adecuando los espacios arquitectónicos de forma técnica en los cuales se encuentran reclusos.

En el siglo XVIII se logró un aporte en la construcción de las prisiones, pero no fueron evoluciones en los diseños, es claro que las cárceles deben ser diseñadas para un fin específico en el mejoramiento de la calidad de vida del privado de la libertad, ya que la

poca evolución en las edificaciones iba acompañada de los malos tratos hacia los delincuentes. En 1593 se realizó la propuesta de una cárcel para mujeres las cuales para su proceso de resocialización realizaban trabajo de acorde a todo lo religioso. El papa Clemente XI aporta a la arquitectura penitenciaria una modernización ubicado en el hospicio de San Michelle en Roma para los jóvenes que infringían las normas.

En 1704 las construcciones se desarrollaron en un sistema celular, siendo celdas pequeñas y desplazando a los delincuentes a patios para que trabajaran encadenados y no podían hablar, como detalle constructivo en las celdas se conservó una ventana que se encontraba ubicada con dirección al patio, siendo la Casa Correccional de Milán las celdas tenían dos ventanas, contaba con un infraestructura de tres pisos diferenciando los niveles en actividades que desarrollan los reclusión durante su condena. En 1773, en Bélgica se construyó una prisión con unos aportes en el diseño más actualizados siendo un aporte importante en la arquitectura penitenciaria, conservando el mismo régimen estricto en el interior de la cárcel.

El Sistema Celular ha influido en los diseños arquitectónicos de los Establecimiento Carcelarios desde tiempos antiguos, en el siglo IX fue adoptado por la Iglesia utilizando las celdas de los conventos para aislar a los delincuentes y someterlos a prácticas religiosas de las cuales tenían la concepción que con estas prácticas iban a cambiar, pero propiamente no se denominaba un sistema carcelario.

La diferenciación entre los sistemas se evidenciaba entre las personas y el fin con el que se administraba logrando un beneficio al privado de la libertad o de lo contrario

confinarlo a trabajos y a un silencio absoluto, siendo influenciada la arquitectura en su relación con el diseño de las celdas y en la adecuación de cada sistema brindándole una resocialización para el privado de la libertad, siendo el sistema celular una adecuación de un régimen interno de cada establecimiento carcelario durante gran parte de la historia.

El desarrollo de la humanización de las prisiones tuvo un gran aporte por John Howard el cual con su publicación "*Estado de las Prisiones*", logro una gran influencia en el mejoramiento de los presos en los establecimientos carcelarios, siendo como objetivo el mejoramiento de las cárceles en varias partes de Europa, evitando con sus conceptos el hacinamiento apoyando un sistema celular, conservando en su concepción el confinamiento solitario siendo una parte contraria al sistema de humanización.

En 1798, la propuesta para el mejoramiento estructura de un establecimiento carcelario se modernizó a 24 celdas siendo ubicada en Wymondham, Norfolk Inglaterra, convirtiéndose en un modelo para los demás países. Durante la declaración de la independencia en los Estados Unidos se creó una sociedad que permitiría el desarrollo del sistema carcelario "*Philadelphia Society for Distrassed Prisoners*"-Sociedad de Filadelfia para Presos en Problemas-, la cual sufrió una reforma denominándose "*Philadelphia Society for Alleviating the Miseries of Public Prisons*" -Sociedad de Filadelfia para aliviar las miserias de las prisiones públicas-, por lo cual Filadelfia en 1790 desarrollo una política carcelaria en la cual se lograba diferenciar las categorías entre los privados de la libertad. En 1829 se construyó el primer establecimiento carcelario de Filadelfia manejando un diseño de celdas para una sola persona en la cual realizaba los trabajos, contaban con un espacio pequeño para ejercitarse por una hora al día, la "*Boston Prison Discipline Society*",

-Sociedad de disciplina de la prisión de Boston-, no se encontraba de acuerdo con el sistema celular nocturno siendo la religión y el trabajo una forma de redención de los presos, pero debían realizarlo en total silencio, sirviendo como referente para el estado de Connecticut y Nueva York. Smythe, J. (2009).

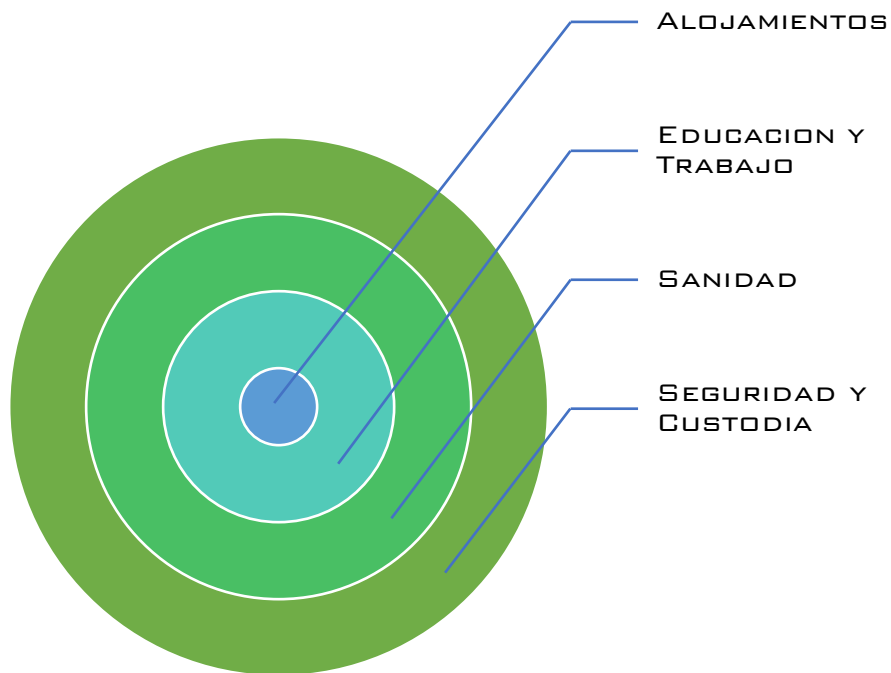


*Figura 2* Diagramación del Sistema.

La arquitectura entre los dos sistemas predominó en varios países por separado, pero en 1790 se unieron los dos sistemas en una cárcel en Filadelfia, construyéndose en los Estados Unidos las primeras celdas para una sola persona, conservándose esta arquitectura por varios años hasta el Siglo XIX en el cual se adoptaron otros diseños.

La evolución de la arquitectura ha sido parte del desarrollo del sistema penitenciario, pero en un proceso más lento, los inicios de la arquitectura penitenciaria eran diseños reducidos y poco evolucionados para los delincuentes, la construcción de los establecimientos carcelarios evolucionó de acuerdo con el desarrollo de las políticas y el tratamiento penitenciario. El diseño arquitectónico de los establecimientos carcelarios en su

evolución logró un aporte en la seguridad siendo un reto de acuerdo a los espacios y utilidad de los edificios, conservando las mejoras en el bienestar de los infractores, siendo edificaciones grandes, con rejas amplias y acceso a áreas comunes, pero catalogadas también como formas que dificultan la resocialización de las personas, las edificaciones penitenciarias son proyectos que se construirán de acuerdo a la categoría de los delincuentes, ya que cuenta con propósitos establecidos como brindar un alojamiento, estudio y trabajo, salud, recreación, custodia y vigilancia entre otros.



*Figura 3* Diagramación de Distribución.

### **Marco Conceptual**

La implementación de la tecnología sostenible ha sido tomada en cuenta por la Comisión de Medio Ambiente de la ONU para solucionar problemas de urbanización como el confort, manejo de aguas lluvias y purificación del aire en el caso de las cubiertas verdes.

De acuerdo con (Villa, 2009) un diseño sostenible exitoso es el resultado de un proceso integrado en la toma de decisiones, empezando desde el comienzo del proyecto, la propuesta de desarrollar un diseño que integre las diferentes tecnologías sostenibles permite identificar cuales pueden cumplir con el propósito de un ahorro logrando una edificación funcional, eficiente, armónica entre otras.

En 1956 Felix Trombe abre el campo de los sistemas pasivos con su pared colectora, luego perfeccionada como pared Anvar: Trombe – Michel, siendo funcional como un sistema invernadero y en el invierno al circular el aire por convección, calienta la masa del muro y este por radiación los ambientes. Santiago, V., y Barreneche, R. (2005).

De acuerdo con el diagrama de Givoni, surge en la década de los 70 el interés por investigar las formas de climatización que no utilizaran energía convencional, los sistemas pasivos de enfriamiento no necesitan de energía eléctrica o de combustibles fósiles. El término pasivo se aplica a los sistemas que se caracterizan por su poca dependencia de los medios convencionales, utilizando otras energías para su funcionamiento siendo una contribución al ahorro y uso eficiente de los recursos no renovables.

La vegetación requiere de varias condiciones que le permiten ser micro climáticas, necesita agua regulada y la elección de la especie, existen varias formas de vegetación, no es costosa la instalación y mantenimiento de las fachadas verdes es bajo, siendo una estrategia muy utilizada en la mayoría de países, en el caso de los techos verdes es un espacio fértil que permite el crecimiento de plantas de una gran diversidad, pero es costosa en su instalación y mantenimiento, entre sus ventajas se encuentra siempre y cuando sea

correctamente instalada, aumentar la vida útil de la cubierta y el impermeabilizante al no estar expuesto diariamente al sol. Santiago, V., y Barreneche, R. (2005).

### **Cubiertas Verdes**

Un techo verde es un sistema constructivo que permite mantener de manera sostenible un paisaje vegetal sobre la cubierta de un inmueble mediante una adecuada integración entre; 1) El inmueble intervenido. 2) La vegetación escogida. 3) El medio de crecimiento diseñado. 4) Los Factores climáticos y ambientales, para lograr esta integración el sistema debe desempeñar seis funciones básicas: 1) Estanqueidad. 2) Drenaje. 3) Capacidad de retención de agua. 4) Estabilidad mecánica. 5) Nutrición. 6) Filtración. Castañeda J, Molina M, Herrera E, Cárdenas M, y Ibáñez, A. (2011).

La implementación de las cubiertas verdes en las edificaciones cuenta con unas especificaciones técnicas y clasificación entre ellas se encuentran las cubiertas verdes intensivos y extensivos, las cuales son de vital importancia dentro de su construcción, ya que se debe tener en cuenta las cargas elevadas que puede generar sobre la estructura del edificio, el análisis sobre la vegetación que será sembrada, los altos costos de construcción y mantenimiento e irrigación permanente con un proceso de reabastecimiento de aguas lluvias.

### **Clasificación de las Cubiertas Verdes**

De acuerdo con los diferentes tipos de cubiertas verdes: extensivas, semi-extensivas e intensivas su clasificación, profundidad de sustrato y su pendiente son: Minke, G. (2005).

La Cubiertas Extensivas; Este tipo de cubierta es liviana, no demanda mucho mantenimiento y el sustrato a instalar es de ocho (8) a diez (10) centímetros de espesor permitiendo recolectar hasta unos 2,5 cm de lámina de agua; aguantando cargas de 120 a 150 kg/m<sup>2</sup>. La Cubiertas Semi-Extensivas; Es una mezcla del sistema intensivo y extensivo, tiene una gran variedad de vegetal comparado con el sistema extensivo que requiere ocasionalmente de riego, con un espesor entre diez (10) y quince (15) centímetros de sustrato ligero, reteniendo uno o tres centímetros de agua lluvia. Para todos los tipos de cubiertas es importante tener en cuenta el drenaje por riego en las plantas y del agua lluvia. Las Cubiertas Intensivas; Son semejantes a un jardín, la variedad vegetal aumenta en cuento a las extensivas; se necesitan mayores cargas estructurales y espesores de sustrato (mayor a 15 cm) para retener más agua y mantener la vegetación, además, el mantenimiento ha de ser periódico, con tareas habituales de jardinería como cortar el césped, abonado, riego o escardas. Minke, G. (2005). Es importante tener en cuenta la diferenciación de los sistemas de cubiertas verdes en el caso de estudio las cuales son la extensiva semi – intensiva e intensiva. Ver Tabla 1.

Tabla 1 Descripción Sistemas de Cubiertas Verdes

	<i>Extensivas</i>	<i>Semi-intensiva</i>	<i>Intensivas</i>
<b><i>Espesor del Sustrato</i></b>	08 y 10 cm	10 y 30 cm	30 y 50 cm
<b><i>Características</i></b>	Ecológica, efecto pradera y poco mantenimiento	Espacio verde, proyectos de agricultura urbana, se puede transitar, necesita más mantenimiento	Permite varias especies, ornamentales, entre otras, tipo paisajista, necesita más mantenimiento
<b><i>Carga Estructura</i></b>	Livianas, peso entre 85 y 110 kg/m <sup>2</sup>	Aproximado entre 200 a 700 kg/m <sup>2</sup>	Aproximado entre 800 a 1500 kg/m <sup>2</sup>



## **Componentes de un sistema de techos verdes**

Los componentes activos son biológicos o elementos que soportan la vida en el sistema como es la cobertura vegetal y medio de crecimiento, su sostenibilidad depende de la capacidad de estos para adaptarse con éxito a las condiciones ambientales y las interacciones fisicoquímicas que tiene lugar entre ellos.

La cobertura vegetal se compone por una variedad de especies vegetales que conforman la parte superior del sistema, siendo un insumo importante dentro de los objetivos de la cubierta verde, de acuerdo con su selección adecuada se garantiza el ciclo de vida útil del vegetal y lograr una adecuada sostenibilidad a los cambios climáticos siendo este un factor importante para su selección y dependiendo del tipo de techo verde que se desea implementar.

El componente artificial de las cubiertas verdes se asemeja a las condiciones de suelos naturales, las cuales deben satisfacer las necesidades básicas de las plantas, pero debe tener unas condiciones básicas, entre ellas ser liviana y permita el drenaje logrando un efectivo flujo de agua lluvia. El medio de crecimiento debe garantizar un anclaje físico, agua y nutrientes a la vegetación, para ello necesita de un insumo que se asemeje al suelo natural, una fibra sintética de felpa, entre su estructura debe contener un vacío que le permita un desarrollo de la raíz y la fluidez el agua.

De acuerdo con la Guía de Techos Verdes de la alcaldía de Bogotá D.C., la composición y características ideales de medio de crecimiento dependen de los factores específicos para cada caso: los requerimientos de vegetación seleccionada, el propósito

principal de la cubierta verde, grado de mantenimiento esperado, capacidad estructural, materiales disponibles y las circunstancias técnicas específicas del inmueble. Se debe tener especial cuidado con las mezclas genéricas y los suelos naturales, dado que en ambos casos varios de los factores mencionados pueden quedar desatendidos y llevar a fallas funcionales del techo verde o al deceso de la vegetación.

Los Componentes estables son los que brindan una estabilidad química y física urente a la vida útil de la cubierta verde, entre los componentes se encuentra las membranas de impermeabilización, barreras anti raíces, barreras filtrantes, losetas, medios de drenaje, elementos del sistema de irrigación entre otro, la durabilidad depende de las condiciones ambientales, la humead y los agentes orgánicos como hogos.

El tipo de plantas para las cubiertas verdes, en la mayoría de los trabajos se utilizan plantas nativas de la región por cuestiones climáticas y de disponibilidad, además se cuenta con plantas exóticas sin potencial invasor no presenta riesgo, siendo una especie inferior, como también la exótica con potencial invasor se caracterizan por ser especies no nativas, pueden tener un impacto negativo para el ecosistema, puede desplazar las especies nativas, en casos particulares se eligen plantas similares de otros países que puedan sobrevivir bajo las condiciones locales recomendadas por expertos en el tema. Bolaños S y Moscoso H, (2011).

Las plantas se pueden clasificar entre sedums y flor silvestre diferenciándose que la primera puede sobrevivir en condiciones extremas, no requiere mantenimiento constante y

conserva la cobertura durante gran parte del año, la flor silvestre sobrevive con baja cantidad de nutrientes y cuenta con una variedad de plantas.

De acuerdo a la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo (Ley 152 de 1994), estableció la regulación y la ordenación de los planes de desarrollo del país, obliga a todos los actores involucrados en la planeación urbanística de la ciudad a respetar al medioambiente y destinar un porcentaje de las construcciones desarrolladas para ubicar zonas verdes, jardines o terrazas.

### **Metodología de la Investigación**

Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (metainferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio. Hernández R, Fernández C y Baptista M, (2014).

El tipo de investigación planteado para el estudio de caso tiene un enfoque cuantitativo y cualitativo con un estudio descriptivo, porque con él se analizó el impacto económico del agua potable y de seguridad penitenciaria, en las cubiertas verdes de la ampliación de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima.

El diseño de la investigación sobre el objetivo de este estudio secuencial es una intención conjunta. La primera etapa hace parte del análisis cuantitativo, consistió en

analizar los factores económicos en el consumo del agua que inciden por implementación de cubiertas verdes en ampliación de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima, mediante la recolección de información de los servicios públicos en el aspecto del consumo de agua, los resultados de esta etapa serán útiles para realizar un comparativo sobre el consumo de agua potable para el riego de las cubiertas verdes y lo importante de implementar un proceso de recolección de agua lluvias.

Una segunda etapa es cualitativa que construya las teorías que relacionan las variables sobre la descripción de los procesos de seguridad penitenciaria que se contextualiza como un diseño integrado sobre las cubiertas verdes en la ampliación de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima, por lo anterior, de acuerdo al análisis pormenorizado de la información se pretende construir una propuesta teórica para el mantenimiento preventivo y correctivo de las cubiertas verdes en la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima.

### **Recolección de datos**

La Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima, cuenta con una infraestructura de primera generación fue construida en 1965, con un nivel de mediana seguridad, en su área del lotes cuenta con 6.628 Hectáreas y un área construida de 4343 metros cuadrados, con una capacidad de 350 cupos para el personal privado de la libertad, durante los años de 2014 se realizaron rehabilitación de 90 cupos y 2015 se realizaron rehabilitación de 60 cupos, y un mantenimiento general de la infraestructura.

El 24 agosto de 2017, la Unidad de Servicios Penitenciarios y Carcelarios – USPEC, entrego al Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario INPEC un proyecto de ampliación de cupos de mediana seguridad en la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima, donde se intervino un área de 14.614, metros cuadrados, compuesto de siete (07) bloques integrales de alojamientos y servicios de tres (03) pisos de altura, dispuesto mediante patios espacios para 768 personas privadas de la libertad, en los costados cuenta con dos bloques de aulas de capacitación, talleres de un (01) piso, comedores, cocinas industriales, áreas de sanidad, celdas para visitas conyugales, los espacios exteriores cuentan con canchas deportivas, Guayanas de seguridad, áreas vehiculares, parqueaderos, zonas verdes y duras de andenes peatonales, como se observa en la figura 4.



*Figura 4* Estructura CPMS Espinal – Fuente USPEC

De acuerdo por lo dispuesto por la USPEC, la obra cuenta con una arquitectura bioclimática que permite alcanzar el estado de confort térmico apropiado para la zona, los diseños garantizan bajos costos en su mantenimiento y en los consumos energéticos, debido a que se involucran diseños de cubiertas verdes en los techos de las celdas de acuerdo con la sostenibilidad ambiental, además cuenta con un sistema de última generación en

seguridad de voz y datos, sistema contra incendio y conectividad. Como se observa en la figura 5.



*Figura 5* Estructura Cubierta y Celdas del CPMS Espinal – Fuente USPEC.

En el desarrollo del proceso de análisis sobre la implementación de cubiertas verdes, se realizó un recorrido por la infraestructura de la ampliación de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima, durante el recorrido se lograron evidenciar características en la implementación del sistema sostenible cubiertas verdes que cuentan con falencias de diseño e implementación, por lo cual, se realizara descripción de las características actuales que presenta las cubiertas:

No se observó un sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias para el riego de las cubiertas verdes, se utiliza el suministro de agua potable del acueducto local para el riego, que de acuerdo a la teoría debe ser parte de un sistema sostenible, generado costos adicionales en el pago de los recibos de servicios públicos. En la figura 6 se observa la tubería por la que ingresa el agua potable, también los tanques que distribuyen el agua para cada celda.



Figura 6 Tubería y Tanques de agua potable del CPMS Espinal – Fuente Propia

Es importante tener en cuenta que la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima, no cuenta con un manual y/o ficha técnica de operación y mantenimiento para la correcta aplicación de la tecnología, ya que no está contribuyendo con un desarrollo sostenible. En la figura 7 no se logra observar cual es la vegetación seleccionada y sembrada para el sistema de cubierta verde, Además, se observa una vegetación la cual se desconocen sus características y su crecimiento está por fuera de lo delimitado.



Figura 7 Vegetación de la Cubierta Verde – Fuente Propia



La estructura de la cubierta presenta problemas de humedades se observan en la parte interna de la cubierta, las cuales puede ser causadas por fallas en la impermeabilización en el momento que se instaló el sistema de cubiertas verdes y los puntos de desagüe, por lo cual se requiere una verificación para identificar las causas y realizar una intervención adecuada. En la figura 8, se observan filtraciones las cuales presentan una tonalidad blanca.



Figura 8 Humedad, filtraciones – Fuente Propia

### Análisis de los datos

#### Impacto Económico del Agua Potable

Entre las características de los Establecimientos Carcelarios a Nivel Nacional, existe una problemática por el hacinamiento en cada celda y área comunes, por lo cual el calor y humedad emitidos por las personas privadas de la libertad se acumulan, la atmósfera y el ambiente se vuelve insalubre, el Comité Internacional de la Cruz Roja – CICR realizó un manual en el cual se encuentran los parámetros necesarios para el tamaño de las aberturas en la celda que no deben ser menores a la décima parte de la superficie del suelo espacio de aire mínimo por persona:  $3.5 \text{ M}^3$ .



La Unidad de Servicios Penitenciarios y Carcelarios – USPEC en el proceso de garantizar los derechos humanos de los privados de la libertad, optaron por realizar en las aplicaciones diseños sostenibles como las cubiertas verdes, la cual tiene como finalidad favorece en el medio ambiente, ya que producen oxígeno y absorben CO<sup>2</sup>, evitan el calentamiento de las cubiertas, reduce las temperaturas en el espacio urbano, reducción del sonido y permiten que llegue poca cantidad de agua a sistema de alcantarillado minimizando los riesgos e inundaciones, entre otros.

En el diseño arquitectónico de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima, no se observó un sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias, siendo el consumo de agua potable un recurso para el riego de las cubiertas de los siete (07) pabellones de la ampliación, además del consumo por parte del personal del cuerpo de custodia y vigilancia, administrativos, visitantes y personal privado de la libertad.

Por lo anterior, se recolectaron los datos registrados en las facturas de servicios públicos de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo del Espinal E.S.P del año 2017 entre los meses de Enero hasta Noviembre y del año 2018 entre los meses de Enero hasta Agosto, de los cuales en el año 2017 se consolidó el Consumo Total fue por un promedio de 34481 por un costo de Noventa Millones Ochocientos Dieciocho Mil Ochocientos Cincuenta Peso MCTE (\$ 90.818.850), En el año 2018 el Consumo Total fue por un promedio de 41089 por un costo de Trescientos Setenta y Siete Millones Trescientos Ochenta y Dos Mil Ochocientos Ochenta y Seis Peso MCTE (\$ 377.382.886), como se observa en la figura 9.

## Consumo Agua Potable - CPMS Espinal Tolima Años 2017 - 2018

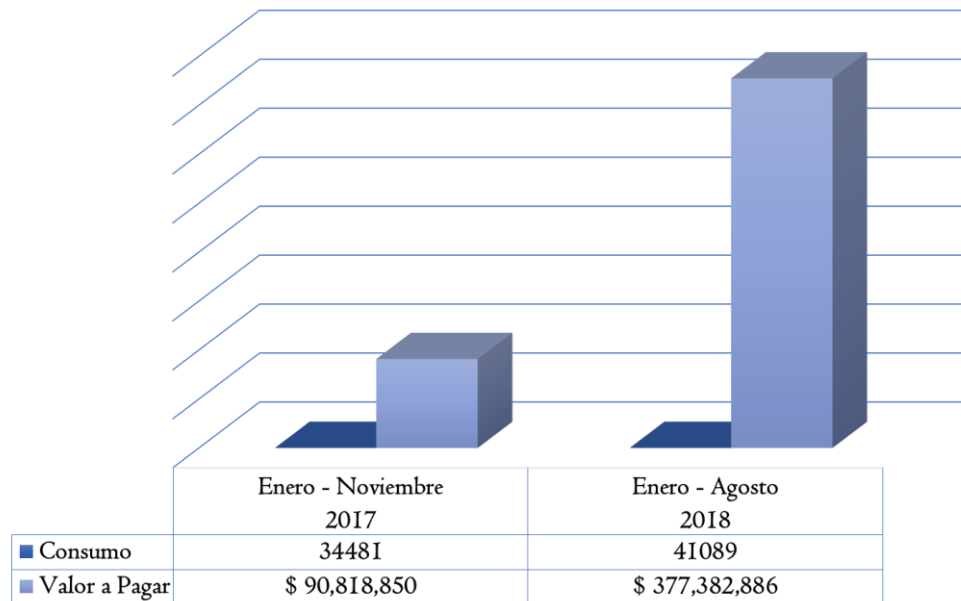


Figura 9 Consolidado consumo de Agua Potable

De acuerdo con el IDEAM, la ubicación de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima, las lecturas del clima permite analizar que los tiempos de veranos son largos y los inviernos son cortos, la temperatura generalmente varía de 23 °C a 36 °C y rara vez baja a menos de 22 °C o sube a más de 39 °. Las precipitaciones y lluvias del municipio del Espinal – Tolima, se caracteriza por su variación durante el año, con porcentajes de probabilidad de acuerdo con el IDEAM:

Durante el año las lluvias se distribuyen en dos temporadas secas y dos temporadas lluviosas. Los meses de junio, julio y agosto son los más secos del año, aunque en diciembre, enero y febrero se presenta una segunda temporada seca. Las temporadas de lluvia se extienden desde finales de marzo hasta principios de junio y desde finales de septiembre hasta principios de diciembre. IDEAM (s.f.).

Siendo un porcentaje del 70% con un promedio de 159 milímetros de lluvias, para el desarrollo de un sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias para la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima, permitiendo una correcta implementación y minimizando el consumo de agua potable para el riego de las cubiertas verdes y en los días calurosos un porcentaje del 28% con promedio mínimo de 50 milímetros de lluvias. Ver figura 10.

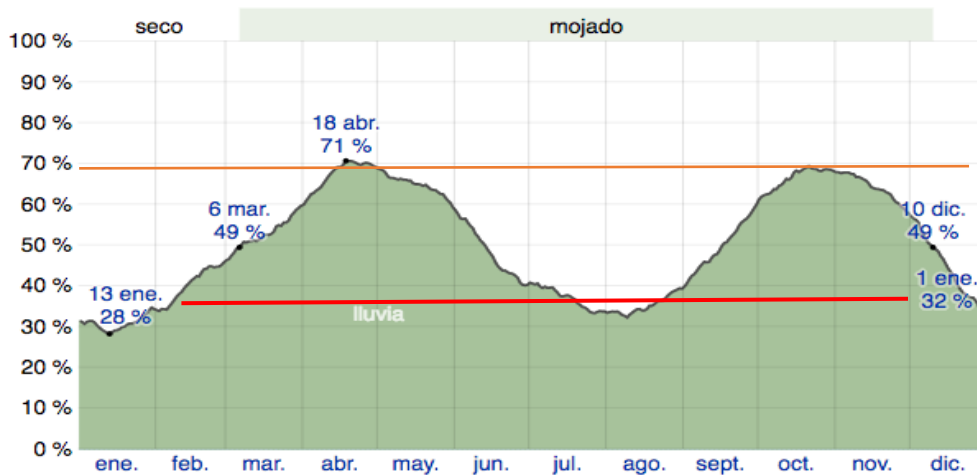


Figura 10 Probabilidad diaria de precipitación - <http://cort.as/-C-7B>

En un contexto económico sobre el mantenimiento de las cubiertas verdes se calcula un aproximado de un 01 metro cuadrado equivale aproximadamente de Doscientos dieciocho mil ciento diecisiete pesos \$ 218.117 de acuerdo al programa CYPE Ingenieros, el mantenimiento debe realizarse por personal profesional y las empresas deben utilizar materiales de excelente calidad, por lo anterior el costo de mantenimiento de cubiertas verdes puede ser un 20% más costoso que un mantenimiento sobre una cubierta tradicional, pero por las características puede contribuir al ahorro en el consumo de agua cuando se cuenta con un sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias, además la instalación de cubiertas verdes garantiza la vida útil de la cubierta por unos 60 años.

## Impacto de Seguridad Penitenciaria

La mayoría de los Establecimientos Carcelarios en Colombia, se encuentran ubicados en centros poblados permitiéndoles tener las condiciones para su abastecimiento, garantizando los servicios de alimentación, materiales para las actividades de talleres, entre otros, además la prestación de servicios para su funcionamiento, el apoyo brindado por los servicios de policía y ejército nacional con reacción ante cualquier emergencia de acuerdo a la Ley 1709 de 20 Enero de 2014, además los bomberos y equipos de rescate, se encuentran también los entes judiciales para las diligencias, a nivel de centros hospitalarios para los servicios médicos.

La estructura de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima es funcional, se caracteriza por tener un área de seguridad (portal de acceso), área de administración, servicios (centro de acopio), Seguridad (guardia externa), área de Atención y Tratamiento, servicios generales (sanidad y rancho), Celdas, Seguridad (anillos de seguridad), seguridad (garitas), alojamientos guardia, seguridad (canales), entre otras áreas. Ver figura 11.



Figura 11 Ubicación CPMS de Espinal – Tolima – Fuente google Maps

La seguridad de la estructura de los establecimientos carcelarios en Colombia, se encuentra conforma por varios anillos de seguridad, una barrera para impedir la fuga del personal privado de la libertad, la cual cuenta con unas características de diseño teniendo una geometría con ángulos iguales o mayores a noventa grados debe ser continua y solo se interrumpirán por el acceso peatonal y vehicular, cumpliendo con las condiciones importantes de ser un espacio despejado, con una superficie de pasto enano, siendo parte de los anillos perimetrales.

De acuerdo al manual de diseño de infraestructura penitenciaria y carcelaria código: M2-MA-01, Versión 2 de fecha 09 de junio 2017, elaborado por la unidad de servicios penitenciarios y carcelarios USPEC, se estableció las características principales del diseño de una garita con relación a su altura siendo su base igual a la altura máxima de las edificaciones, permitiendo la verificación visual de las cubiertas por parte de los funcionarios del cuerpo de custodia y vigilancia que cumplen el servicio en las garitas.

Ver figura 12.



Figura 12 Esquema de altura de la garita – Fuente USPEC

En el caso de estudio la ampliación de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima, el impacto de seguridad penitenciaria observado es por la falta de mantenimiento de las cubiertas verdes, ya que cuenta con una vegetación alta siendo un riesgo para la visualización de las cubiertas por parte de los funcionarios del cuerpo de custodia y vigilancia que se encuentra de servicio en las garitas y el centro de monitoreo del circuito cerrado de televisión, independiente de los sistemas de cada una de los edificios donde se contienen todas las zonas, con una altura superior que permite la visual humana sobre todas las cubiertas. Ver figura 13.



*Figura 13* Estructura Cubierta del CPMS Espinal – Fuente USPEC

La Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima, cuenta con un área de mantenimiento donde los funcionarios del cuerpo de custodia y vigilancia son los encargados de realizar las verificaciones de las novedades presentadas en la infraestructura y servicios públicos, por lo cual se les solicito la ficha técnica para el mantenimiento de las cubiertas verdes, obteniendo una respuesta negativa porque cuando se recibió la estructura, no entregaron una ficha técnica y/o manual para el mantenimiento de las cubiertas verdes

por lo anterior no se logró identificar el tipo de vegetación fue empleada y los materiales que la compone, siendo un claro desconocimiento sobre como proceder para el mantenimiento.

La Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima, no cuenta con personal profesional capacitado para realizar el mantenimiento de las cubiertas verdes, los funcionarios del cuerpo de custodia y vigilancia son los únicos autorizados para circular por el área de las cubiertas siempre y cuando se encuentren de servicio o realicen un mantenimiento autorizado en la red de sensores, hidráulica entre otras, de acuerdo al régimen interno de los Establecimientos de Reclusión.

### **Resultados y discusión**

De acuerdo con el análisis de los datos con enfoque cuantitativo y cualitativo en el propósito de obtener resultados frente al interrogante para el desarrollo de la investigación, se puede inferir que:

#### **Sistema de Recolección y Aprovechamiento de Aguas Lluvias**

Se evidencia un impacto económico relacionado a la utilización del agua potable para el riego de cubiertas verdes, por un incremento del 84% al consumo total, siendo claro que hace falta un sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias, el sistema debe contar con un dimensionamiento del tanque de almacenamiento teniendo en cuenta los espacio reducido y aprovechamiento de costos, además se debe evaluar el volumen más adecuado para la captación y la eficiencia que pueda brindar un buen riego para las cubiertas verdes.

El proceso del sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias, se componen de los siguientes elementos Reyes, A., y Rubio J. (2014):

- **Captación:** Está conformada por el techo de la edificación.
- **Transporte:** Se conduce el agua recolectada por el techo directamente hasta el tanque de almacenamiento.
- **Almacenamiento:** Es la obra destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para el consumo.
- **Filtro o Pretratamiento:** Este dispositivo impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y evitar la contaminación del agua.
- **Sistema de Control (válvula, registro, llaves):** Se controla la distribución del agua hacia su destino final.

La construcción de cubiertas verdes requiere de una inversión inicial en materiales e instalación, dependiendo del tipo de construcción y las condiciones climáticas del área, es importante realizar una correcta instalación porque puede retener agua y dejar pasar las raíces, dañando la estructura, además requiere unas características particulares para su instalación, ya que pueden ser pesados.

Se debe realizar un mantenimiento a las cubiertas verdes, ya que pueden producir fauna nociva, y afectaría el crecimiento de las plantas de la cubierta generando más costos en el mantenimiento, además se cuenta con poca socialización sobre los temas relacionados



con el sistema constructivo, elementos, sustrato y plantas locales, logrando una articulación con el drenaje.

De acuerdo con la climatología en Colombia la implementación de un sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias, genera un costo adicional en el momento de su instalación, ya que la obra es necesaria para obtener beneficios ambientales y económicos realizándose un análisis de las precipitaciones efectiva y el uso consuntivo del agua definidos como:

- **Precipitación Efectiva:** es el agua que no se ha perdido por evaporación, percolación profunda o escorrentía.
- **Uso Consuntivo:** es el requerimiento de agua de una edificación, ya sea para usos domésticos, industriales, de lavado, de riego, o cualquier otro uso que pueda y necesite darse dentro del proyecto.
- **La Escorrentía:** se define como la proporción de lluvia que fluye superficialmente sobre el terreno o las cubiertas y zonas duras del proyecto.

En función de estos dos valores, se debe determinar si existe o no un déficit hídrico, es decir determinar si el uso consuntivo del proyecto es mayor que la precipitación efectiva y de ser así en qué porcentaje se podrá utilizar ésta última para suplir, si no toda, parte de la demanda de agua. Reyes, A., y Rubio J. (2014). Por lo anterior, es importante de acuerdo con la normatividad nacional e internacional para la implementación y diseño de cubiertas verdes en la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima, es necesario tener en cuenta:

En los componentes activos, no se observa claramente la cobertura vegetal en su adaptabilidad a las condiciones medioambientales, además el medio de crecimiento debe proporcionar anclaje físico, agua y nutrientes a la vegetación, siendo necesario un mantenimiento el cual garantice el correcto desarrollo de la vegetación seleccionada con sus respectivos materiales que le brinde los nutrientes necesarios a la vegetación para su vida útil.

En los Componentes Estables, es importante realizar una inspección a los elementos fabricados que permiten una correcta funcionalidad de sistema como son las membranas de impermeabilización, barrera anti raíces, medios de drenajes entre otros, ya que se observaron focos de humedad y agentes generadores de microorganismos y hongos en la parte interna de la cubierta.

En los elementos auxiliares del sistema de cubiertas verdes adaptado en la ampliación del establecimiento carcelario no cuenta con un sistema de riego, no cuenta con un tanque de almacenamiento de aguas lluvias y drenadas de la misma cubierta que permite ser sostenible el sistema y evitar el consumo de agua potable para su mantenimiento.

En lo relacionado con la impermeabilización para la instalación de las cubiertas verdes cuenta con una durabilidad, siempre y cuando se allí implementado de una forma técnica sin que haya lugar de falencias que conlleven a generar grietas y deterioro. Se ha definido la durabilidad como la propiedad que presenta un material o estructura para resistir la acción del tiempo, ataque químico, abrasión o cualquier otro proceso de deterioro,

manteniendo su forma, calidad y condiciones de servicio originales al exponerse a su medio ambiente. Hernández O y Mendoza C, (2006).

### **Tipo de Planta**

La falta de información para realizar un estudio técnico para el mantenimiento de las cubiertas verdes de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima, se hace necesario contar con características de las plantas utilizadas y los materiales e insumos, por lo cual, se realiza un estimado con los demás materiales que hacen parte de una cubierta extensiva que comprende: lámina de protección, capa de drenaje, lámina de filtro, sustrato mineral apto para plantas.

En los resultados relacionados con el impacto ambiental se debe realizar una selección del tipo de planta más adecuado para las cubiertas verdes de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima, por lo cual se hace necesario realizar un correcto mantenimiento para la recuperación de las cubiertas que presentan un deterioro frente a las plantas y el drenaje, para lograr los beneficios de reducir el CO<sub>2</sub> y el incremento de la humedad en el aire entre otros.

De acuerdo con el tipo de cubierta existen diferentes especies de planta, su espesor y sustrato por lo cual varía el tamaño las cuales son:

- **Cubiertas Extensivas:** son las tapizantes *“son aquellas especies que recubren el suelo (rastreras) formando una cubierta o alfombra vegetal”* entre las cuales están las crasas, vivaces de tipo herbáceo, perennes y las trepadoras.

- **Cubiertas Semi extensivas:** plantas herbáceas, plantas de la familia Sedan, arbustos de escasa altura, césped y plantas aromáticas.
- **Cubiertas Intensivas:** arboles pequeños, césped, arbustos y plantas perennes.



Figura 14 Tipo de Planta para Cubiertas Verdes Extensivas - Fuente [goo.gl/44ZW2W](http://goo.gl/44ZW2W).

Para un correcto mantenimiento de la cubierta verde extensiva de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima, se debe realizar entre 3 o 4 visitas anuales en el cual se verificará la aparición de plantas adventicias, las necesidades de riego y el crecimiento de la vegetación en zonas no deseadas, realizar un control riguroso del estado de limpieza de los desagües, sumideros, entre otros.

### **Modelo Guía establecida por el INPEC**

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante la recolección de información sobre la problemática presentada por la falta de conocimiento, se desarrolló una propuesta de Guía para el mantenimiento preventivo y correctivo para las cubiertas verde para los

Establecimientos de Reclusión del Orden Nacional que actualmente cuentan con el sistema sostenible de cubiertas verdes entre ellos se encuentra la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima.

Por lo anterior, la propuesta de la guía se debe estructurar siguiendo los lineamientos de la oficina de planeación del INPEC, mediante Guía para la Elaboración de Documentos, Código PE-PI-G01, Versión 4, Fecha 10 agosto 2018, estableció los lineamientos para la elaboración de los documentos que generan en el Sistema de Gestión Integral siendo política, manual, caracterización de proceso, procedimiento, guía, formato. Los documentos del Sistema de Gestión Integrado son elaborados, revisados, aprobados y divulgados a través del aplicativo Isolucion adoptado por el INPEC. La guía debe cumplir con las siguientes características: Isolucion, I. (2018).

**Tamaño de Papel:** Se elaboran según la necesidad en papel tamaño carta (21.5 x 28cm), se utiliza como regla general.

**Tipo y tamaño de letra:** Todos los documentos se realizarán utilizando letra tipo Arial o Arial Narrow, con un tamaño de fuente entre 10 y 12 puntos, con interlineado sencillo. Cuando un documento incluya cuadros, tablas, figuras, flujogramas, formatos, éstos pueden elaborarse en letra tipo Calibri, con un tamaño de letra entre 9 y 12 puntos. Para las citas bibliográficas se emplean números consecutivos en formato de superíndice al final del texto y el documento que se referencia se coloca en el pie de página en un tamaño de texto de siete (7) puntos.

**Márgenes:** Los textos en los diferentes documentos tendrán las siguientes márgenes: Superior: 2,5 cm, Izquierdo: 3 cm, Inferior: 2,5 cm, Derecho: 2 cm.


**Identificación superior de la documentación** El membrete de identificación de los documentos se definió con base en la Directiva Presidencial No. 005 del 24 de noviembre de 2014 «*Directrices para el manejo de imagen, y publicidad por parte de las entidades públicas del orden Nacional*», con la cual se imparten lineamientos para la unificación de criterios frente al manejo de la imagen de las instituciones que integran la administración pública. Por lo anterior, el membrete empleado en la identificación de los documentos del instituto consta de la identificación visual del Ministerio de Justicia y del Derecho (alto: 1,18 X ancho: 3,8), seguido del logotipo del Instituto «INPEC» (alto: 1,18 X ancho: 3,25), que se caracteriza por la «i», que simboliza la personalización y humanización del instituto, atributos esenciales en el cumplimiento de su misión. La palabra «INPEC» se ha creado a partir de una fuente tipográfica de contornos gruesos y esquinas diagonales, con el objeto de generar sensación de dinamismo, solidez y precisión sin sacrificar amabilidad; El logotipo se complementa en la parte inferior con el nombre descriptivo «Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario», seguido de una franja que enmarca el documento.

### **Estructura Formato Guía del INPEC**

Se realizará la explicación detallada del procedimiento o el método que debe seguirse para lograr el uso adecuado de la estructura establecida por el INPEC:

1. **Objetivo:** Corresponde a lo que pretende lograr el manual, éste debe ser claro, preciso y mensurable.

2. Marco Legal: en el normograma del Proceso al que pertenece la guía, se establecen los documentos utilizados como soporte legal, técnico o jurídico para la redacción del documento, los documentos de soporte o de información principal como manuales de proveedores, manuales técnicos, catálogos de equipos, normas técnicas nacionales o similares. Se incluye el vínculo hacia el listado de documentos cargados en el aplicativo del "Sistema de Gestión Integrado". El dueño de Proceso debe mantener actualizado el normograma a través de la ejecución de las actividades para tal fin establecidas en el Proceso Gestión Legal
3. Glosario: definiciones y términos.
4. Desarrollo: Incluye el desarrollo de la temática de la guía según la necesidad del usuario.
5. Registros: Son las salidas de la guía, como resoluciones, oficios, memorandos, fotos, bases de datos, etc., éstos contienen actividades realizadas y no pueden modificarse.
6. Anexos: Relación de los documentos y formatos asociados a la guía y que se constituyen en los soportes para su desarrollo.
7. Histórico de Actualizaciones: Ver lineamientos generales para la elaboración de los documentos del sistema de gestión institucional.
8. Firma de los responsables: Ver lineamientos generales para la elaboración de los documentos del sistema de gestión institucional Isolucion, I. (2018). Ver figura 15.

	Nombre del proceso	<b>Código:</b> Incluir código de guía de acuerdo con lo establecido en el Procedimiento Control de Documentos
	Guía para.....	<b>Versión:</b> Incluir el número de versión del documento
		<b>Fecha:</b> De aprobación del documento, la cual corresponde a la fecha de la Resolución de aprobación.

Las guías hacen referencia a tareas específicas y repetitivas; y su propósito es orientar a las personas encargadas de ejecutar una determinada actividad o tarea.

**Objetivo**

Describir la finalidad del documento de manera concisa.

**Marco Legal**

Enunciar en el nomograma del Proceso al que pertenece la Guía de forma jerárquica y cronológica la normativa que regula el tema de la guía.

**Glosario**

Incluir los términos necesarios para la comprensión del documento con su respectiva definición, en orden alfabético:

Término 1: Definición

Término 2: Definición.

**Actividad 1: Describir el primer pasó de la tarea. Puede incluir imágenes.**

**Actividad 2: Describir el segundopasó de la tarea. Puede incluir imágenes**

**Anexos**

Incluir los códigos y nombres de los Anexos  
Ejemplo: **Anexo 1:** PE-GS-P01-G01 Guía para la elaboración de documentos

**Versiones**

Versión	Fecha	Motivo de la modificación	Modificación
Consecutivo de la versión. Dada la nueva estructura de la entidad, a partir de diciembre de 2012 se iniciará con versión	De aprobación de la versión del documento.	Razones que motivaron la modificación. Los primeros documentos creados en Dic. 2012 tendrán como motivo: creación del documento	Cambios que se surtieron en el documento. Ej1: Se ajustaron las responsabilidades a la nueva estructura. Ej2: Se modificó la actividad 3.

Elaboró	Revisó	Aprobó
<b>Nombres y Apellidos</b> Funcionario responsable de elaborar el documento Nombre del Cargo Nombre de la Dependencia	<b>Nombres y Apellidos</b> Jefe de la Dependencia encargada de efectuar revisión Nombre del Cargo	<b>Nombres y Apellidos</b> Nombre del Cargo Dueño de Proceso

Figura 15 Modelo Estructura Guía INPEC – Fuente INPEC



## **Propuesta Modelo de la Guía para el Mantenimiento de Cubiertas Verdes en los ERON**

De acuerdo al formato establecido por el INPEC, se realiza la propuesta teórica por la cual se desarrolló una Guía para el Mantenimiento de Cubiertas Verdes en los ERON, la cual servirá como una herramienta practica para la realización de los estudios previos para la contratación y mantenimiento de las cubiertas verdes de los Establecimiento de Reclusión de Orden Nacional que cuenten con este sistema sostenible.

La estructura de la guía para el Mantenimiento de Cubiertas Verdes en los ERON conservará los parámetros establecidos por la oficina de planeación del INPEC, pero el contenido será orientado al sistema sostenible de cubiertas verdes:

- 1. Objetivo:** se describe la finalidad de la guía en el caso particular para el Mantenimiento de Cubiertas Verdes en los ERON.
- 2. Marco Legal:** se establecen las normas y soportes legales que hacen parte de la implementación de cubiertas verdes
- 3. Glosario:** definiciones y términos que hacen parte de la estructura del Establecimiento de Reclusión y las cubiertas verdes.
- 4. Desarrollo:** se relacionan los conceptos de la cubierta verde construida en los establecimientos de reclusión y las características necesarias para realizar una lista de chequeo para la contratación del mantenimiento preventivo y correctivo de las cubiertas verdes.
- 5. Anexos:** Se relacionan la lista de cheque establecida para la verificación del mantenimiento preventivo y correctivo de las cubiertas verdes.

- 6. Histórico de Actualizaciones:** campo destinado para las actualizaciones que pueden hacer parte de la Guía para el Mantenimiento de Cubiertas Verdes en los ERON.
- 7. Firma de los responsables:** Coordinaciones de las áreas que aprueban la publicación e implementación de la Guía en los Establecimientos de Reclusión del Orden nacional que cuentan con cubiertas verdes.

## Conclusiones

De acuerdo al impacto en el consumo del agua en la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima, se concluye que existe un consumo inadecuado del recurso, evidenciado en las facturas de servicios públicos de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo del Espinal E.S.P de los años 2017 y 2018, existiendo un incremento del 84% al consumo total desde que se entregó la ampliación de la cárcel que cuenta con las cubiertas verdes por la falta de un sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias.

El Impacto de seguridad penitenciaria se encuentra comprometida por la falta de mantenimiento de las cubiertas verdes, ya que desde un servicio importante de seguridad como lo son las garitas, se disminuye la visibilidad siendo un espacio propicio para la fuga del personal privado de la libertad, además los Establecimientos de Reclusión del Orden Nacional no cuentan con profesionales para realizar el mantenimiento de las cubiertas verdes, por lo cual no se puede identificar el tipo de planta que fue sembrado y los insumos necesarios para su preservación.


Por lo anterior, se concluyó que es necesario implementar una guía para la orientación de los funcionarios para realizar un chequeo que permitirá la identificación de características generales para el Mantenimiento de Cubiertas Verdes en los ERON, ya que el mantenimiento de las cubiertas verde debe ser realizado por personal profesional con experiencia entre ellos se encuentran los arquitectos, ingenieros, biólogos entre otros, los cuales deben trabajar mancomunadamente según Minke, G. (2005) para el diseño,

implementación, control de calidad a los materiales y servicios, identificar el tipo de vegetación más apta para cada modelo, entre otros aspectos y lo más importante verificar que las estructuras a construir cumplan con los requisitos ambientales y estructurales, que permitan mantener una visibilidad adecuada en las cubiertas para el personal del cuerpo de custodia y vigilancia.

### Lista de Referencias

- Bolaños, S., y Moscoso, H. (2011). Consideraciones y selección de especies vegetales para su implementación en eco envolventes arquitectónicos: una herramienta metodológica. *Revista Nodo N° 10, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Piloto de Colombia*, 5, 05 – 20.
- Castañeda, J., Molina, M., Herrera, E., Cárdenas, M., y Ibáñez, A. (2011) Guía de techos verdes en Bogotá, *Secretaría Distrital de Ambiente, Alcaldía de Bogotá D.C.*, 01, 01 – 87.
- Escobar, N. (2012). *Estudio de la Atenuación de la Escorrentía en Techos Verdes en Altos de Cazucá, Soacha*, Trabajo de Grado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C. Colombia, 01 – 125.
- Hernández, O., y Mendoza, C. (2006). Durabilidad e infraestructura: retos e impacto socioeconómico. *Ingeniería. Investigación y Tecnología*, VII (1), 57-70.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). Metodología de la Investigación, *Mc Graw Hill Interamericana Editores, S.A de C.V*, 6, 01 – 634.
- Ibáñez, R. (2008). Techos vivos extensivos: Una práctica sostenible por descubrir e investigar en Colombia. *Alarife: Revista de arquitectura*, 16, 21 - 36.
- Isolucion, I. (2018), software para administrar sistemas de gestión Recuperado de <http://isolucion.inpec.gov.co>, Isolucion4Inpec: <https://bit.ly/2FypbYL>
- Reyes, A., y Rubio J. (2014). *Descripción de los Sistemas de Recolección y Aprovechamiento de Aguas Lluvias*, Trabajo de Grado, Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería Civil, Bogotá D.C, Colombia, 01 – 53.

- Minke, G. (2005). Techos verdes: sencillo y eficaz; planificación, ejecución, consejos prácticos. *Editorial Fin de Siglo*, 01 -86.
- Pupo, S., (2014). *Reglamento Técnico de Construcciones e Infraestructura de Establecimientos de Reclusión*. Reglamento Técnico. Bogotá D.C., Unidad de Servicios Penitenciarios, Ministerio de Justicia y del Interior, Colombia, 01 – 3327.
- Solecki, W., Parshall, L., Gaffin, S., Lynn, B., Goldberg, R., Cox, J., Hodges, S., (2006). Mitigating New York City’s Heat. *New York City Regional*, 01 – 06.
- Smythe, J. (2009). Arquitectura Penitenciaria. *Revista de la facultad de Derecho PUCP*, 28, 56 – 77.
- Suman, B. (2009). Influencia del aislamiento térmico en la transferencia de calor por conducción a través de la construcción del techo. *Revista de Investigación Científica e Industrial.*, 248 - 251.
- Santiago, V., y Barreneche, R. (2005). Acondicionamiento térmico de edificios. *Nobuko*, 1, 01 – 446.
- Villa, F. (2009). Construcciones verdes. *Alarife: Revista de arquitectura*, 17, 39 - 54.
- Yuste, L. (2015). Sistema de Seguridad en los Centros Penitenciarios. *XVII Encuentro Jurídico - Penitenciario Pamplona*, 1, 01 - 10.

	Logística y Abastecimiento	<b>Código:</b> Incluir código de la guía de acuerdo con lo establecido en el Procedimiento Control de Documentos
	Guía para el Mantenimiento de Cubiertas Verdes en los ERON	<b>Versión:</b> Incluir el número de versión del documento
		<b>Fecha:</b> De aprobación del documento, la cual corresponde a la fecha de la Resolución de aprobación.

## Objetivo


Proporcionar al funcionario del cuerpo de custodia y vigilancia y/o administrativo, una guía para realizar las actividades que se deben adelantar para el mantenimiento de las cubiertas verdes, debido a que los Establecimientos de Reclusión del Orden Nacional no cuentan con una base teórica para realizar la verificación del estado de las cubiertas verdes para su Mantenimiento.

## Marco Legal

Ver normograma del Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario

## Glosario

- **ERON:** sigla utilizada para denominar Establecimiento de Reclusión del Orden Nacional.
- **PPL:** sigla utilizada para denominar Población Privada de la Libertad.
- **Celda:** Lugar destinado como dormitorio o habitación para los(as) reclusos(as) dentro de los respectivos pabellones.
- **CONPES:** sigla utilizada para denominar Consejo Nacional de Política Económica y Social.
- **Hacinamiento:** cantidad de personas privadas de la libertad en un espacio o centro de reclusión determinado en numero superior a la capacidad del mismo.
- **Mantenimiento y/o Adecuación:** actividad direccionada a preservar la vida útil de la edificación, diagnosticar anticipadamente las vulnerabilidades y falencias que pueda presentar por causas diversas.
- **USPEC:** sigla utilizada para denominar Unidad de Servicios Penitenciarios y Carcelarios.
- **Categoría:** Obedece al nivel de seguridad que deben tener los establecimientos de reclusión de acuerdo a especificaciones de construcción y régimen interno; estas son alta, mediana y mínima seguridad.
- **Pabellón:** área interna del establecimiento de reclusión destinada para alojamiento de personas privadas de la libertad.
- **Garita:** torre de vigilancia destinada para el control visual de un establecimiento de reclusión, cuya base corresponde a la altura máxima de las edificaciones presentes.
- **Infraestructura:** corresponde a la realización de actividades de construcción, ampliación, refacción, mantenimiento, mejora, conservación y dotación de los establecimientos penitenciarios y carcelarios.

	Logística y Abastecimiento	<b>Código:</b> Incluir código de la guía de acuerdo con lo establecido en el Procedimiento Control de Documentos
	Guía para el Mantenimiento de Cubiertas Verdes en los ERON	<b>Versión:</b> Incluir el número de versión del documento
		<b>Fecha:</b> De aprobación del documento, la cual corresponde a la fecha de la Resolución de aprobación.

- **Proceso Constructivo:** secuencia ordenada de actividades orientadas a la materialización de un diseño cuya finalidad es la de suplir una necesidad funcional específica.
- **Registro:** documento que presenta resultados obtenidos o proporciona evidencia de actividades ejecutadas.

## 1. Infraestructura de los Establecimientos de Reclusión del Orden Nacional.

La Unidad de Servicios Penitenciarios y Carcelarios es la entidad que tiene como objetivo “...*Gestionar y operar el suministro de bienes y la prestación de los servicios, la infraestructura y brindar el apoyo logístico y administrativo requeridos para el adecuado funcionamiento de los servicios penitenciarios y carcelarios a cargo del Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario – INPEC...*”.

De acuerdo a la clasificación y categorización que le corresponde a cada ERON por infraestructura, se realiza la programación para los procesos de mantenimiento preventivo y correctivo de los elementos y estructura, dentro de las variedades identificadas en los establecimientos de reclusión de encuentra la integración de una nueva obra que se encuentra dentro de un establecimiento en funcionamiento conocidas como ampliaciones las cuales en determinadas regionales cuenta con un sistema sostenibles cubiertas verdes la

## 2. Contextualización de Cubiertas Verdes.

### 2.1 Cubiertas Verdes.


Es un sistema constructivo que permite mantener de manera sostenible un paisaje vegetal sobre la cubierta de un inmueble mediante una adecuada integración entre; 1) El inmueble intervenido. 2) La vegetación escogida. 3) El medio de crecimiento diseñado. 4) Los Factores climáticos y ambientales, para lograr esta integración el sistema debe desempeñar seis funciones básicas: 1) Estanqueidad. 2) Drenaje. 3) Capacidad de retención de agua. 4) Estabilidad mecánica. 5) Nutrición. 6) Filtración. (Castañeda 2011).

La implementación de las cubiertas verdes en las edificaciones cuenta con unas especificaciones técnicas y clasificación entre ellas las cubiertas verdes extensivas, semi intensivas e intensivas, las cuales son de vital importancia dentro de su construcción, ya que se debe tener en cuenta las cargas elevadas que puede generar sobre la estructura del edificio, el análisis sobre la vegetación que será sembrada, los altos costos de construcción y mantenimiento e irrigación permanente con un proceso de reabastecimiento de aguas lluvias.

### 2.2 Componentes de un Sistema de Cubiertas Verdes.

Los componentes activos son biológicos o elementos que soportan la vida en el sistema como es la cobertura vegetal y medio de crecimiento, su sostenibilidad depende de los componentes activos, la capacidad de estos para adaptarse con éxito a las condiciones ambientales y las interacciones fisicoquímicas que tiene lugar entre ellos.



	Logística y Abastecimiento	<b>Código:</b> Incluir código de la guía de acuerdo con lo establecido en el Procedimiento Control de Documentos
	Guía para el Mantenimiento de Cubiertas Verdes en los ERON	<b>Versión:</b> Incluir el número de versión del documento
		<b>Fecha:</b> De aprobación del documento, la cual corresponde a la fecha de la Resolución de aprobación.

Componentes estables son los que brindan una estabilidad química y física urente a la vida útil de la cubierta verde, entre los componentes se encuentra las membranas de impermeabilización, barreras anti raíces, barreras filtrantes, losetas, medios de drenaje, elementos del sistema de irrigación entre otro, la durabilidad depende de las condiciones ambientales, la humeard y los agentes orgánicos como hogos.

En los elementos auxiliares del sistema de cubiertas verdes adaptado en la ampliación del establecimiento carcelario no cuenta con un sistema de riego, no cuenta con un tanque de almacenamiento de aguas lluvias y drenadas de la misma cubierta que permite ser sostenible el sistema y evitar el consumo de agua potable para su mantenimiento.

### 2.2.1 Cobertura Vegetal.

Se compone por una variedad de especies vegetales que conforman la parte superior del sistema, siendo un insumo importante dentro de los objetivos de la cubierta verde, de acuerdo con su selección adecuada se garantiza el ciclo de vida útil del vegetal y lograr una adecuada sostenibilidad a los cambios climáticos siendo este un factor importante para su selección y dependiendo del tipo de techo verde que se desea implementar.


### 2.2.2 Medio de Crecimiento.

Su componente artificial de las cubiertas verdes se asemeja a las condiciones de suelos naturales, las cuales deben satisfacer las necesidades básicas de las plantas, pero debe tener unas condiciones básicas entre ellas ser liviana y permita el drenaje logrando un efectivo flujo de agua lluvia. El medio de crecimiento debe garantizar un anclaje físico, agua y nutrientes a la vegetación, para ello necesita de un insumo que se asemeje al suelo natural, una fibra sintética de felpa, entre su estructura debe contener un vacío que le permita un desarrollo de la raíz y la fluidez el agua.

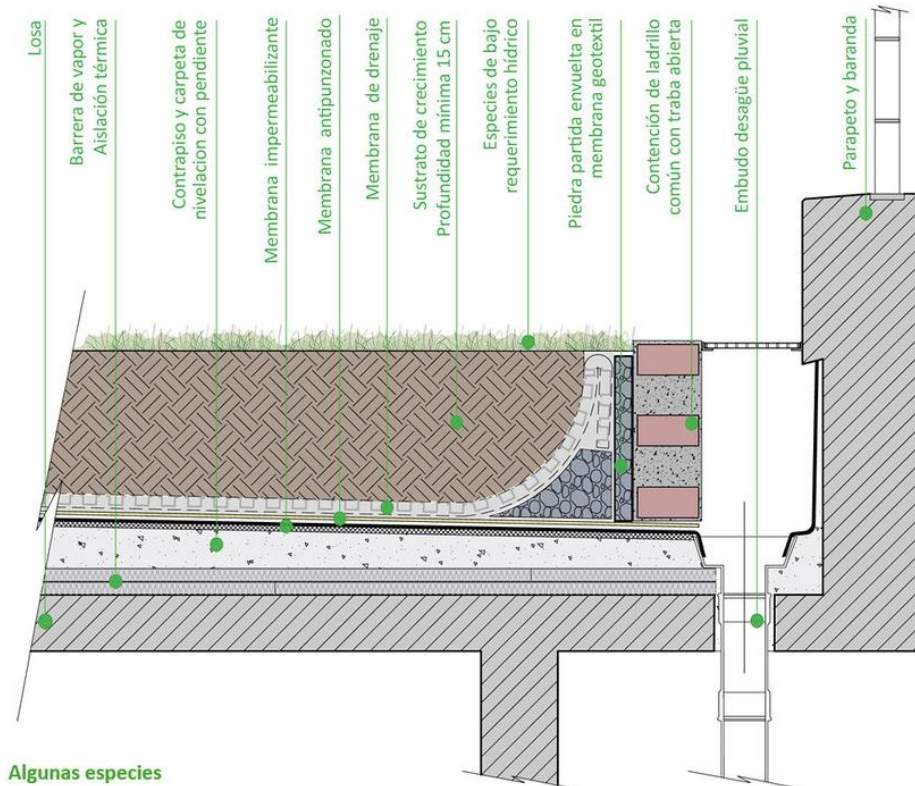
De acuerdo con la Guía de Techos Verdes la composición y características ideales de medio de crecimiento dependen de los factores específicos para cada caso: los requerimientos de vegetación seleccionada, el propósito principal de la cubierta verde, grado de mantenimiento esperado, capacidad estructural, materiales disponibles y las circunstancias técnicas específicas del inmueble. Se debe tener especial cuidado con las mezclas genéricas y los suelos naturales, dado que en ambos casos varios de los factores mencionados pueden quedar desatendidos y llevar a fallas funcionales del techo verde o al deceso de la vegetación.

### 2.2.3 Tipo de Planta.

En las cubiertas verdes en la mayoría de los trabajos se utilizan plantas nativas de la región por cuestiones climáticas y de disponibilidad, además se cuenta con plantas exóticas sin potencial invasor no presenta riesgo, siendo una especie inferior, como también la exótica con potencial invasor se caracterizan por ser especies no nativas, pueden tener un impacto negativo para el ecosistema, puede desplazar las especies nativas, en casos particulares se eligen plantas similares de otros países que puedan sobrevivir bajo las condiciones locales recomendadas por expertos en el tema. Castañeda J, Molina M, Herrera E, Cárdenas M, y Ibáñez, A. (2011).

 <b>INPEC</b> Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario	Logística y Abastecimiento	<b>Código:</b> Incluir código de la guía de acuerdo con lo establecido en el Procedimiento Control de Documentos
	Guía para el Mantenimiento de Cubiertas Verdes en los ERON	<b>Versión:</b> Incluir el número de versión del documento
		<b>Fecha:</b> De aprobación del documento, la cual corresponde a la fecha de la Resolución de aprobación.

Las plantas se pueden clasificar entre sedums y flor silvestre diferenciándose que la primera puede sobrevivir en condiciones extremas, no requiere mantenimiento constante y conserva la cobertura durante gran parte del año, la flor silvestre sobrevive con baja cantidad de nutrientes y cuenta con una variedad de plantas.



Algunas especies



*Bulbines Caulescens*



*Echeveria Runyonii*



*Sedum Cauticola*



*Sedum Palmeri*




*Sedum Spurium*



*Sempervivum Arachnoideum*

Tipo de Planta para Cubiertas Verdes Extensivas - Fuente [goo.gl/44ZW2W](http://goo.gl/44ZW2W).

	Logística y Abastecimiento	<b>Código:</b> Incluir código de la guía de acuerdo con lo establecido en el Procedimiento Control de Documentos
	Guía para el Mantenimiento de Cubiertas Verdes en los ERON	<b>Versión:</b> Incluir el número de versión del documento
		<b>Fecha:</b> De aprobación del documento, la cual corresponde a la fecha de la Resolución de aprobación.

### 3. Clasificación de la Cubiertas Verdes.

De acuerdo con los diferentes tipos de cubiertas verdes: extensivas, semi-extensivas e intensivas su clasificación, profundidad de sustrato y su pendiente son: Minke, G. (2005).

Las cubiertas verdes diseñadas en los Establecimientos de Reclusión del Orden Nacional se clasifican en cubiertas verdes extensivas.

#### 3.1 Cubierta Extensiva

Este tipo de cubierta es liviana, no demanda mucho mantenimiento y el sustrato a instalar es de ocho (8) a diez (10) centímetros de espesor permitiendo recolectar hasta unos 2,5 cm de lámina de agua; aguantando cargas de 120 a 150 kg/m<sup>2</sup>.


	Extensivas
<b>Espesor del Sustrato</b>	08 y 10 cm
<b>Características</b>	Ecológica, efecto pradera y poco mantenimiento
<b>Carga Estructura</b>	Livianas, peso entre 85 y 110 kg/m <sup>2</sup>

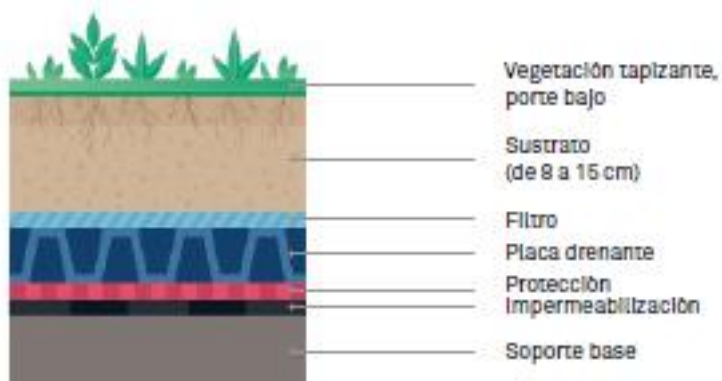
De acuerdo con Contreras, E y Castillo, I. (s.f.), en la guía de Azoteas vivas y cubiertas verdes, se recomiendan sistemas de riego por goteo, se requiere riego, sobre todo, durante la época de implantación y, a medida que las plantas se van desarrollando, se puede ir disminuyendo, hasta proporcionar solo riegos de auxilio en épocas de mucha sequía.

El sistema constructivo de la cubierta verde extensiva a causa del poco grosor de sustrato que tienen y, por lo tanto, la exposición a condiciones extremas de la vegetación, las cubiertas son las que merecen más atención a la hora de construirlas correctamente.

Algunos de los parámetros más importantes que deben considerarse son asegurar una buena aeración en las raíces y garantizar un buen drenaje en toda la cubierta, lo que se puede lograr diseñando un mínimo de pendiente en la cubierta (a partir del 2 %) o, si no es posible, utilizando placas drenantes de más de 4 cm de altura, y aportando un sustrato muy poroso que proporcione la aeración y el drenaje necesarios.

En estas cubiertas es importante retener la máxima cantidad de agua posible, así que se aconseja emplear una manta de retención de agua y nutrientes, una placa drenante que también cumpla la función de almacenar agua, y que también aporte una cámara de aire, y un filtro que separe la placa drenante del sustrato para asegurar el mejor funcionamiento del drenaje.

	Logística y Abastecimiento	<b>Código:</b> Incluir código de la guía de acuerdo con lo establecido en el Procedimiento Control de Documentos
	Guía para el Mantenimiento de Cubiertas Verdes en los ERON	<b>Versión:</b> Incluir el número de versión del documento
		<b>Fecha:</b> De aprobación del documento, la cual corresponde a la fecha de la Resolución de aprobación.



Fuente Contreras, E y Castillo, I. (s.f.),

#### 4. Requerimiento Mínimo de Operatividad del Sistema

De acuerdo con Castañeda J, Molina M, Herrera E, Cárdenas M, y Ibáñez, A. (2011), son:

**Estanqueidad:** impedir la penetración de agua a la estructura de soporte del techo verde y garantizar que no existan filtraciones o deterioro causado por la humedad.

**Drenaje:** Permitir el flujo de agua lluvia o de riego a través del sistema y conducirla de forma efectiva hacia los elementos de evacuación de la cubierta tales como bajantes, sumideros y canaletas. Mantener las condiciones aeróbicas del sustrato requeridas por la vegetación.

**Retención de agua:** Captar y almacenar la cantidad de agua necesaria en el sistema para garantizar la supervivencia e integridad de la cobertura vegetal.

**Consistencia:** Garantizar la estabilidad formal y dimensional del sistema de techo verde y sus componentes.


**Nutrición:** Proporcionar el equilibrio fisicoquímico y los nutrientes requeridos para mantener la cobertura vegetal viva y sana.

**Filtración:** Permitir el paso del agua a través del sistema restringiendo el paso de partículas finas.

#### 5. Sistema de Recolección y Aprovechamiento de Aguas Lluvias

El proceso del sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias, se componen de los siguientes elementos Reyes, A., y Rubio J. (2014):

- **Captación:** Está conformada por el techo de la edificación.
- **Transporte:** Se conduce el agua recolectada por el techo directamente hasta el tanque de almacenamiento.

	Logística y Abastecimiento	<b>Código:</b> Incluir código de la guía de acuerdo con lo establecido en el Procedimiento Control de Documentos
	Guía para el Mantenimiento de Cubiertas Verdes en los ERON	<b>Versión:</b> Incluir el número de versión del documento
		<b>Fecha:</b> De aprobación del documento, la cual corresponde a la fecha de la Resolución de aprobación.

- **Almacenamiento:** Es la obra destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para el consumo.
- **Filtro o Pretratamiento:** Este dispositivo impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y evitar la contaminación del agua.
- **Sistema de Control (válvula, registro, llaves):** Se controla la distribución del agua hacia su destino final.

## 6. Plan de Mantenimiento de Cubiertas Verdes


El mantenimiento debe realizarse por personal profesional y las empresas deben utilizar materiales de excelente calidad, por lo anterior el costo de mantenimiento de cubiertas verdes puede ser un 20% más costoso que un mantenimiento sobre una cubierta tradicional, pero por las características puede contribuir al ahorro en el consumo de agua cuando se cuenta con un sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias, además la instalación de cubiertas verdes garantiza la vida útil de la cubierta por unos 60 años.

Para garantizar la perdurabilidad del techo verde o jardín vertical, es importante planificar un mantenimiento bimensual o trimestral durante el primer año, que incluya:

- Revisión del estado de las plantas
- Deshierbe
- Poda y corte
- Fertilización según sea el caso
- Control de plagas
- Resiembra según sea el caso
- Verificación del sistema de riego
- Si el riego es manual debe ser realizado todos los días
- Estabilidad de la estructura según sea el caso
- La estructura o edificio debe contar con puntos de anclaje para mantenimiento según Resolución 1409 de 2012 para trabajo seguro en alturas, expedida por el Ministerio de Trabajo, la cual aplica a partir de 1.50 mts de altura.

Entre los objetivos del mantenimiento de las cubiertas verdes se limita a conseguir una buena implantación de la vegetación: evitar la proliferación de hierbas no deseadas, controlar cuidadosamente la disponibilidad del agua en las plantas en las primeras fases de desarrollo, controlar y limpiar los imbornales o sistemas de desagüe para evitar obturaciones que desencadenen en una acumulación de agua no deseada en la cubierta. Contreras, E y Castillo, I. (s.f.).

La anterior descripción es de importancia para tenerla en cuenta en las especificaciones técnicas requeridas en los Estudios Previos para la Contratación del Mantenimiento Preventivo y Correctivo de las Cubiertas Verdes, ya que se debe realizar una correcta selección de la empresa que cumplan con los requisitos:

	Logística y Abastecimiento	<b>Código:</b> Incluir código de la guía de acuerdo con lo establecido en el Procedimiento Control de Documentos
	Guía para el Mantenimiento de Cubiertas Verdes en los ERON	<b>Versión:</b> Incluir el número de versión del documento
		<b>Fecha:</b> De aprobación del documento, la cual corresponde a la fecha de la Resolución de aprobación.

Los proveedores del sistema de techos verdes y jardines verticales o empresas deben ser parte de un Eco directorio empresarial y cumplir los siguientes requisitos:

1. Ser una empresa legalmente constituida.
2. Cumplir con la legislación ambiental vigente Beneficios
3. Estar ubicado en el perímetro urbano.
4. Facilidad de búsqueda y contratación de empresas que requieran proveedores con lineamientos o exigencias ambientales.
5. Implementar Insumos y materiales de alta calidad.

### Anexos

Anexo 1: PE-GS-P01-G01 Guía para la elaboración de documentos

### Versiones

Versión	Fecha	Motivo de la modificación	Modificación
Consecutivo de la versión. Dada la nueva estructura de la entidad, a partir de diciembre de 2012 se iniciará con versión	De aprobación de la versión del documento.	Razones que motivaron la modificación. Los primeros documentos creados en Dic. 2012 tendrán como motivo: creación del documento	Cambios que se surtieron en el documento. Ej1: Se ajustaron las responsabilidades a la nueva estructura. Ej2: Se modificó la actividad 3.

Elaboró	Revisó	Aprobó
<b>Nombres y Apellidos</b> Funcionario responsable de elaborar el documento Nombre del Cargo Nombre de la Dependencia	<b>Nombres y Apellidos</b> Jefe de la Dependencia encargada de efectuar revisión Nombre del Cargo	<b>Nombres y Apellidos</b> Nombre del Cargo Dueño de Proceso