# DISEÑO DE HERRAMIENTA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DEL AGUA EN EL ÁREA DE EXHIBICIONES DE LA FUNDACIÓN ZOOLÓGICA DE CALI.

**LAURA ALEJANDRA SERNA SALCEDO**
**MARTHA LUCÍA MUÑOZ MOYA**

**UNIVERSIDAD ICESI**
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**
**SANTIAGO DE CALI**
**2012**

# DISEÑO DE HERRAMIENTA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DEL AGUA EN EL ÁREA DE EXHIBICIONES DE LA FUNDACIÓN ZOOLÓGICA DE CALI.

**LAURA ALEJANDRA SERNA SALCEDO**
**MARTHA LUCÍA MUÑOZ MOYA**

**Proyecto de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingenieros Industriales**

**Sory Carola Torres**
**Esp. Ingeniería Sanitaria y Medio Ambiente**

**UNIVERSIDAD ICESI**
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**
**SANTIAGO DE CALI**
**2012**

**CONTENIDO**

**pág.**


1. HUELLA DEL AGUA ..... 7
1.1 TÍTULO DEL PROYECTO ..... 7
1.2 PROBLEMA ..... 7
1.1.1 Enunciado ..... 7
1.2.2 Análisis ..... 7
1.1.5 ELEMENTOS ..... 8
1.3 JUSTIFICACIÓN ..... 8
1.4 DELIMITACIÓN Y ALCANCE ..... 9
2. OBJETIVOS ..... 10
2.3 OBJETIVO GENERAL ..... 10
2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO ..... 10
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 10
3. ASPECTOS METODOLÓGICOS ..... 11
4. MARCO DE REFERENCIA ..... 12
4.1 ANTECEDENTES ..... 12
4.2 MARCO TEÓRICO ..... 14
4.2.1 Marco conceptual ..... 14
4.2.2 Marco normativo ..... 17
4.3 APORTE INTELECTUAL ..... 18
5. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO ..... 20
5.1 RECURSOS DISPONIBLES ..... 20
5.2 CRONOGRAMA DEL PROYECTO ..... 20
5.1 EQUIPO DE INVESTIGACIÓN ..... 20
6. DESARROLLO DEL PROYECTO ..... 22
6.1 METODOLOGÍA GENERAL ..... 22
6.1.1 Recorrido para la Identificación y reconocimiento de las Zonas del Zoológico de Cali. ..... 24
6.1.2 Delimitación de la Zona de Exhibiciones. ..... 24
6.1.3 Recorrido en la Zona de Exhibiciones para el reconocimiento de los procesos relacionados con el recurso hídrico. ..... 25

6.1.4 Recorrido en las Zonas de Exhibiciones para la recolección de datos. 47
6.1.4.1 Mediciones para volúmenes de piletas y/o bebederos .....47
6.1.4.2 Elaboración de los ecomapas .....47
6.1.4.3 Levantamiento de datos para el cálculo del volumen de agua usada y consumida en el lavado y mantenimiento de cada exhibición (Método experimental). .....47
7. DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA DE LA HUELLA DEL AGUA.....49
7.1 Metodología para el uso de la herramienta.....49
7.1.1 Primera parte: Introducción .....50
7.1.2 Segunda parte: Zona de Exhibiciones.....50
7.1.3 Tercera parte: Plantilla de mediciones .....50
7.1.4 Cuarta parte: Cálculos realizados.....51
7.1.5 Quinta parte: Resultados Huella del Agua.....54
7.1.6 Sexta parte: Análisis de costos .....55
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....56
9. PROPUESTAS DE MEJORA .....58
10. RECOMENDACIONES .....60
11. CONCLUSIONES .....62
12. BIBLIOGRAFÍA .....65
ANEXOS.....67
Anexo A: Matriz de marco lógico.....67
Anexo B: Cronograma de actividades .....71
Anexo C: Zonas de trabajo.....72
Anexo D: Registro fotográfico de las áreas de exhibiciones. .....74
Anexo E: Ecomapas de las Zonas de Exhibiciones. .....89
Anexo F: Facturación EMCALI .....113

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Cantidad de agua suministrada por EMCALI y la planta de tratamiento ..56
Tabla 2: Tarifas de uso y consumo de agua .....56
Tabla 3: Análisis de costos relacionados con el agua suministrada por EMCALI ..57
Tabla 4: Análisis de costos relacionados con el agua suministrada por EMCALI y la planta de tratamiento .....57
Tabla 5: Análisis de costos para propuestas de mejora.....58
Tabla 6: Cantidades de uso y consumo de agua en la Zona de Exhibiciones .....59
Tabla 7: Reducción de uso y consumo de agua en la Zona de Exhibiciones .....59

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Metodología general del proyecto.....23
Figura 2: Mapa del Zoológico de Cali .....24
Figura 3: Diagrama de flujo zona 1 .....26
Figura 4: Diagrama de flujo zona 2 .....29
Figura 5: Diagrama de flujo zona 3 .....33
Figura 6: Diagrama de flujo zona 4 .....35
Figura 7: Diagrama de flujo zona 5 .....38
Figura 8: Diagrama de flujo zona 6 .....41
Figura 9: Diagrama de flujo zona 7 .....44
Figura 10: Diagrama de pareto para el análisis del desperdicio de agua .....53
Figura 11:Exhibiciones con mayor uso y consumo de agua .....62

# 1. HUELLA DEL AGUA

## 1.1 TÍTULO DEL PROYECTO

Diseño de herramienta para la determinación de la huella del agua en la Fundación Zoológica de Cali.

## 1.2 PROBLEMA

### 1.1.1 Enunciado

El Zoológico de Cali no cuenta con una herramienta para la determinación de la Huella del Agua, que permita conocer el uso y consumo del agua en los procesos desarrollados dentro de la Zona de Exhibiciones del Zoológico de Cali.

### 1.2.2 Análisis

En la Fundación Zoológica de Cali el recurso hídrico es de gran importancia para el desarrollo de los procesos que habitualmente se realizan, no solo en la Zona de Exhibiciones, sino en la totalidad del mismo. Por lo tanto es importante identificar y analizar los diferentes procesos y procedimientos que permitan la determinación de la Huella del Agua.

Lo anterior con el fin de lograr un manejo adecuado del recurso hídrico que brinda la naturaleza y desarrollar procesos sostenibles para encontrar un equilibrio entre la sociedad, la economía y el medio ambiente.

Considerando que la mala utilización del recurso hídrico es uno de los factores principales para la generación de impactos ambientales, es de suma importancia para la Fundación Zoológica de Cali desarrollar la herramienta de la Huella de Agua la cual le permitirá conocer las cantidades usadas y consumidas por cada uno de los procesos realizados dentro de la Zona de Exhibiciones.

Con lo anterior se espera encontrar oportunidades de mejora que permitan el desarrollo de procesos ambientalmente sostenibles mediante la herramienta de la Huella del Agua, que da a conocer los usos y consumos del recurso hídrico, que finalmente ayudarán a evidenciar y conocer las causas y los efectos de dichos

usos y consumos y así mismo brindarle al Zoológico la posibilidad de empezar a desarrollar procesos sostenibles.

### 1.1.5 ELEMENTOS

Partiendo de la Huella Ecológica que ya se ha desarrollado de forma macro dentro de la Zona de Exhibiciones del Zoológico de Cali, se pretende conocer qué puntos ayudarían al desarrollo de la Huella del Agua, definiéndose ésta como el volumen de agua necesaria para la producción de los productos y servicios consumidos por los habitantes de dicho país (o industria, o persona)[1].

A partir de lo anterior se busca desarrollar una herramienta para la determinación de la Huella del Agua, que permita medir y controlar los volúmenes de uso, consumo y manejo de éste recurso, lo cual ayudará a que la utilización se haga de manera eficiente logrando con esto una reducción de los impactos ambientales, beneficiando a las partes que directamente se ven involucradas como los son el Rio Cali y el Zoológico de Cali.

Con la determinación de la Huella del Agua se espera brindar información que permita una buena utilización del recurso hídrico, para que los procesos involucrados puedan realizarse con el mínimo impacto ambiental.

## 1.3 JUSTIFICACIÓN

El aporte significativo que el desarrollo del proyecto dará a la ingeniería industrial, es la apertura de nuevos campos explorados en donde una vez más la ingeniería desarrollará una herramienta y analizará procesos y procedimientos, para la obtención del cálculo que tienen como objetivo la medición y el control del recurso hídrico en la Zona de Exhibiciones de la Fundación Zoológica de Cali.

Identificando el problema a tratar, el enfoque como Ingenieras Industriales se realiza a partir de los impactos ambientales causados, debido a que éstos no están permitiendo un desarrollo adecuado en los procesos ya que no se está garantizando la sostenibilidad ambiental.

Por último es importante concentrarse en los impactos ambientales generados, debido a que es una zona bastante vulnerable en donde la buena utilización del recurso hídrico y un buen manejo del mismo, ayudaría a lograr un desarrollo

1 ORGANIZACIÓN ECOSOFÍA. Definición de huella hídrica. [en línea]. http://ecosofia.org/2008/04/huella_hidrica_cuanta_agua_gastamos.html [citado en octubre de 2011].

ambiental sostenible teniendo así un equilibrio entre las partes involucradas (Río Cali – Zona de exhibiciones del Zoológico de Cali).

## 1.4 DELIMITACIÓN Y ALCANCE

El proyecto es de tipo descriptivo, el cual se llevó a cabo dentro de las instalaciones del Zoológico de Cali en la Zona de Exhibiciones, en donde se observó, se recopiló y se analizó información lo cual se realizó en el período comprendido entre Septiembre- Noviembre de 2011 en la materia de Proyecto de Grado I.

El desarrollo de la herramienta para la determinación de la Huella del Agua se llevó a cabo en el período comprendido entre Enero – Mayo de 2012 en la materia de Proyecto de Grado II.

Teniendo en cuenta la delimitación anteriormente mencionada, lo que se hizo fue determinar la Huella del Agua, con el fin de encontrar oportunidades de mejora dentro del campo económico y ambiental, lo cual se desarrolló por medio de las herramientas que brinda la ingeniería industrial, como el análisis de procesos y procedimientos, la producción más limpia y conceptos medio ambientales que permitieron un desarrollo adecuado de la herramienta.

# 2. OBJETIVOS

## 2.3 OBJETIVO GENERAL

Aportar al desarrollo del sistema de gestión ambiental, mediante la reducción de impactos ambientales y económicos, por medio de la determinación de la Huella del Agua en la Zona de Exhibiciones del Zoológico de Cali.

## 2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

Desarrollar una herramienta para la determinación de la Huella del agua en la Zona de Exhibiciones del Zoológico de Cali.

## 2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.3.1 Identificar y recopilar información de los procesos y procedimientos en cada una de las Zonas de Exhibiciones, reconociendo la importancia del uso y consumo del recurso hídrico.

2.3.2 Elaborar la herramienta para la determinación de la Huella del Agua en la Zona de Exhibiciones.

2.3.3 Analizar los resultados obtenidos mediante la determinación de la Huella del agua en la Zona Exhibiciones y generar propuestas de mejora.

# 3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Para el desarrollo de los objetivos específicos anteriormente planteados, fue importante tener claro la metodología a realizar en donde se tuvo presente las actividades, los indicadores de evaluación y los planes de contingencia que permitieron el desarrollo adecuado del proyecto de la siguiente forma:

3.1 Identificar y recopilar información de los procesos y procedimientos en cada una de la Zona de Exhibiciones, reconociendo la importancia del uso y consumo del recurso hídrico: para el cumplimiento de este objetivo se realizaron visitas semanales en el tiempo acordado a cada una de las exhibiciones del Zoológico de Cali, en donde se analizaron todos y cada uno de los procesos y procedimientos que hacen parte de las exhibiciones, con el apoyo de los operarios encargados de cada proceso, los cuales nos brindaron la información necesaria sobre cada exhibición con el fin de recopilar los datos suficientes sobre el uso y consumo del recurso hídrico.

3.2 Elaborar la herramienta para la determinación de la Huella del Agua en la Zona de Exhibiciones: para lograr este objetivo se planteó una metodología general de trabajo, posteriormente se realizó la herramienta en Excel y de igual forma, la guía para la utilización de ésta, en donde se explican los pasos que se requieren para la ejecución de la misma.

3.3 Análisis del resultado obtenido y generación de propuestas de mejora: finalmente y siguiendo la metodología de trabajo, al tener el resultado arrojado por la herramienta se procedió a realizar un análisis de costos relacionados con cada uno de los procesos que permiten el suministro de agua a la Zona de Exhibiciones dentro de los cuales está la planta de tratamiento de agua del Zoológico y EMCALI, lo cual finalmente se generaron propuestas de mejora que le permitirán al Zoológico realizar cambios positivos relacionados con los impactos ambientales y económicos dentro de la Zona de Exhibiciones.

Para el desarrollo de la metodología anteriormente planteada se tuvo como referencia las matrices de marco lógico de cada uno de los objetivos, en donde se muestran detalladamente todas las actividades desarrolladas que permitieron un desarrollo adecuado del proyecto mediante el cumplimiento de todos los objetivos específicos, las cuales se pueden observar en el anexo A del presente documento.

# 4. MARCO DE REFERENCIA

## 4.1 ANTECEDENTES

Es necesario resaltar que los aspectos relacionados con el medio ambiente son de gran importancia y polémica en la actualidad debido a que cada día son indispensables para el desarrollo de la humanidad, es por esto que a lo largo de la historia se ha tomado la iniciativa de indagar, investigar y analizar sobre los temas relacionados con el medio ambiente y los impactos generados por el hombre, los cuales han causado grandes problemas ambientales trayendo como resultado el cambio climático, el calentamiento global, sequías y pobreza mundial, producto de la utilización de los recursos naturales de forma inadecuada y excesiva, es por eso que la ciencia ha desarrollado una serie de herramientas y metodologías que ayudan a la toma de decisiones en cuanto a la utilización de los recursos naturales permitiendo así la satisfacción de las necesidades del hombre y el beneficio del medio ambiente. De lo anterior es importante resaltar que de los recursos utilizados por el hombre, el agua es uno de los más importantes y el que más consumo ha tenido mediante la utilización y el mal manejo del mismo; es por esto que la planificación y la buena utilización del recurso hídrico es de gran importancia para que las condiciones del medio ambiente se mantengan en equilibrio.

Como consecuencia de lo anterior Hoekstra y Hung (2002) llevaron a cabo el desarrollo de Huella del Agua de un individuo, comunidad o comercio que la definieron como el volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios consumidos por el individuo o comunidad así como los producidos por los comercios, dicha herramienta es principalmente un indicador de medición y control de uso, consumo y contaminación del agua que tiene como objetivo encontrar una relación entre el recurso hídrico y consumo humano. Según Hoekstra, (2007), la estimación de la Huella Hidrológica surge como un indicador complementario en el cálculo de la sostenibilidad del uso de los recursos naturales por parte del hombre, y de igual forma esta herramienta brinda la posibilidad de encontrar puntos claves en donde se puedan hallar y trabajar los impactos ambientales con el fin de realizar procesos amigables con el medio ambiente.

También es importante resaltar que la Huella del Agua nace para ser aplicada tanto en cadenas productivas como en procesos cotidianos, por lo tanto para el enfoque del proyecto dentro de la Zona de Exhibiciones del Zoológico de Cali se desea desarrollar una metodología de la Huella hidrológica con el fin de contribuir al desarrollo de una estrategia ambiental, para la disminución de los impactos ambientales, que en conjunto con otras herramientas de sostenibilidad son la entrada principal para la implementación de un sistema de gestión ambiental.

Se tiene algunos Zoológicos en el mundo que han logrado desarrollar sistemas de gestión ambiental mediante el apoyo de la ONU y la certificación ISO14001 en donde se desarrollan procesos innovadores para la utilización adecuada de los recursos logrando con esto un uso sostenible, eficiente y responsable del agua; entre estos está el Zoológico de Carolina del Norte que trabaja con programas de mejoramiento continuo en donde se pretende reducir los impactos ambientales y minimizar el uso de los recursos naturales, el Zoológico de San Antonio en Texas también cuenta con una serie de iniciativas ambientales que tienen como objetivo fundamental la conservación y gestión de los recursos naturales y por último es importante resaltar los proyectos realizados en los Zoológicos de México (Aragón, Chapultepec y los coyotes) en donde se desarrollan iniciativas de gestión ambiental mediante la creación de procesos sostenibles.

Finalmente en la Zona de Exhibiciones del Zoológico de Cali se realizó la metodología para la determinación de la Huella del Agua la cual ayudará a la Fundación Zoológica de Cali a controlar el uso y consumo del recurso hídrico dentro de los procesos productivos, contribuyendo al desarrollo de un sistema de gestión ambiental.

## 4.2 MARCO TEÓRICO

### 4.2.1 Marco conceptual

Desde los inicios de la humanidad el hombre siempre ha buscado la supervivencia mediante la creación de diferentes herramientas, utilizando inconscientemente los recursos que la naturaleza le brindaba para el desarrollo de diferentes actividades como la agricultura, la pesca, la artesanía, la ganadería entre otras, pero al pasar el tiempo el hombre empezó a sentir la necesidad de explorar nuevos métodos y herramientas de supervivencia, que le ayudarían a desarrollarse y a construir su propia cultura logrando con esto una competencia entre miembros de la misma especie, que lo obligaba a explorar y a utilizar de mejor forma los recursos naturales, no solo para la satisfacción de las necesidades básicas, sino también de otras como el transporte, la diversión, la educación, la vivienda etc. Así mismo logrando un desarrollo continúo y una mayor utilización de los recursos debido al incrementado de las necesidades humanas.

Como consecuencia de lo anterior, se dio un gran paso entre los procesos de trabajo manual y los procesos productivos que le permitieron al hombre tener un progreso continuo en cuanto a cultura, costumbres, economía y tecnología, debido a esto se fueron generando usos y consumos excesivos de los recursos naturales que como consecuencia trajeron diferentes impactos ambientales mediante la contaminación del aire, del agua y del suelo que a lo largo del tiempo han alterado las condiciones del medio ambiente como la de los gases invernadero los cuales generan el calentamiento global que“ es el incremento en el valor promedio de la temperatura de la superficie del planeta que se ha venido presentando aproximadamente desde la mitad del siglo pasado, como consecuencia de las grandes emisiones a la atmósfera debido a la quema de combustibles fósiles como el petróleo y el carbón principalmente, como resultado de los procesos industriales promotores del desarrollo humano” (Adame, 2010, p.91).

Además de lo anterior, hay que tener presente que el desarrollo acelerado de las poblaciones ha causado también la degradación del medio ambiente, debido a que las necesidades y la utilización de los recursos naturales han aumentado sin tener presenta la forma de recuperarlos y de mantenerlos a lo largo del tiempo de manera sostenible. Como consecuencia de lo anterior y de la escases del recurso hídrico John Anthony Allan (1998) presentó el concepto de agua virtual que lo definió como el volumen de agua requerida para producir un bien o un servicio, con el cual pretendía encontrar posibles soluciones y contribuir a la buena utilización del agua para los países de Medio Oriente, teniendo en cuenta aspecto sociales, económicos y ambientales, que a lo largo del tiempo ha favorecido a dichos países permitiéndoles el uso y el consumo del recurso hídrico de forma sostenible, con el fin de satisfacer las necesidades básicas de la población por

medio de la importación de productos, que le permite a las poblaciones pobres, vulnerables y con escases de recursos hacer una utilización más eficiente y responsable del agua.

El agua virtual ayudó a desarrollar el concepto de la Huella del Agua que se puede ver como un indicador de medición y control del uso y consumo del recurso hídrico que ayuda a conocer las cantidades reales utilizadas durante el desarrollo de un determinado proceso.

Para la determinación de la Huella del Agua hay que tener en cuenta tres componentes importantes: según el Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile (2011),el agua azul que se define como el volumen de agua superficial y subterránea evaporada, el agua verde que se define como el volumen de agua lluvia evaporada y el agua gris definida como el volumen de agua contaminada que se requiere para diluir los contaminantes descargados hasta el punto que se cumpla el estándar ambiental de calidad de agua. Por otro lado hay que tener en cuenta las características principales para la determinación de la Huella del Agua en donde el volumen y los patrones de uso y consumo así como las circunstancias de los procesos de producción son aspectos determinantes para el cálculo, teniendo en cuenta lo anterior hay que resaltar que todos los componentes se encuentran ampliamente relacionados ya que cada uno representa un porcentaje dentro de todo proceso productivo, ayudando a determinar con esto las cantidades reales las cuales se comparan con las cantidades teóricas permitiendo así construir procesos sostenibles en donde la buena utilización del recurso hídrico es uno de los componentes principales para la implementación de un sistema de gestión ambiental.

La Huella del Agua se puede calcular para diferentes grupos de consumidores como personas, naciones, productos (bien o servicio) y empresas, de las cuales para fines del proyecto se determinará la Huella del Agua empresarial que se define como “el volumen total de agua dulce que es usado directa e indirectamente para operar y apoyar una empresa. Consiste de dos componentes:

- El uso directo de agua por los productos (para la producción, manufactura, o actividad de soporte).
- El uso indirecto de agua (el uso de agua en la cadena de suministro)[2]

De lo anterior y para el desarrollo de procesos sostenibles es importante mencionar la Huella Ecológica como una de las herramienta de sustentabilidad, la cual se caracteriza por ser la principal entrada para el desarrollo de un sistema de gestión ambiental y se define como: “el área de tierra/agua requerida para producir

2 HUELLA HIDRICA. Componentes de la Huella del Agua. [en línea].<http://xa.yimg.com/kq/groups/17877128/1582541644/name/Huella+Hidrica+-Microsol.pdf>[citado en octubre 15 de 2011].

los recursos consumidos y asimilar los desperdicios generados de una población definida, a un específico estándar de vida en cualquier lugar del mundo que esa población se encuentre" (Rees, 1996). Esta herramienta tiene relación directa con la Huella del Agua ya que las dos tienen como objetivo calcular y ayudar a tomar decisiones respecto al uso y consumo de los recursos naturales con el fin de mantenerlos a lo largo del tiempo y de minimizar los impactos ambientales.

El concepto de desarrollo sostenible, es de suma importancia para la determinación de la Huella del Agua y hay que tenerlo en cuenta, ya que partiendo de éste se tendrán claros los objetivos que se desarrollarán dentro de la Zona de Exhibiciones del Zoológico de Cali, en donde el cálculo del indicador está ligado estrechamente con la definición dada por la Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo (Comisión Brundtland, 1987) que se define como el desarrollo que asegura las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para enfrentarse a sus propias necesidades, concepto que se tendrá siempre presente mediante la elaboración del proyecto debido a que el objetivo global es lograr la implementación de procesos productivos ambientalmente sostenibles en donde la utilización de los recursos naturales se hace de forma controlada y medida y en donde las necesidades del Zoológico de Cali y el objetivo de prestar un servicio de alta calidad se cumplirá, para ello hay que contar con que el aumento de la ecoeficiencia es la forma principal de contribución por parte de las empresas al desarrollo sostenible y a lo largo del tiempo se ha considerado como un elemento primordial dentro de las estrategias empresariales, este concepto se define como la forma de "proporcionar bienes y servicios a un precio competitivo, que satisfaga las necesidades humanas y la calidad de vida, al tiempo que reduzca progresivamente el impacto ambiental y la intensidad de la utilización de recursos a lo largo del ciclo de vida, hasta un nivel compatible con la capacidad de carga estimada del planeta"(Word Business Council for Sustainable Development), que se relaciona estrechamente con el desarrollo sostenible mediante los aspectos económicos sociales y ambientales.

Por otro lado es importante resaltar los conceptos que relacionan la Ingeniería industrial con el desarrollo de nuestro proyecto, para el desarrollo de éste es necesario realizar un análisis de los procesos y procedimientos que se llevan a cabo en la Zona de Exhibiciones, por esto debemos tener en cuenta algunas definiciones y aplicaciones que ayudarán al desarrollo de la herramienta. Para lo cual contamos con la definición dada por la ISO (2003) que define un proceso como el conjunto de actividades interrelacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultado y por otro lado los procedimientos que son la forma especificada para llevar a cabo una actividad o un proceso.

Por último, y el que más relevancia tiene es el concepto de indicador, el cual se define como un instrumento de monitoreo u observación de un proceso, utilizado para medir o comparar resultados en la ejecución de un proyecto o actividad, el

resultado es un dato o conjunto de datos que ayudan a medir objetivamente un proceso, esto con el fin de realizar un plan de mejora.

### 4.2.2 Marco normativo

Colombia no cuenta con una normatividad que rija a los Zoológicos, pero si existen normas que tratan sobre temas ambientales que se pueden aplicar a diferentes organizaciones. Como lo es la Ley 9 de 1979 para la protección del medio ambiente; del artículo 2 al artículo 79 se habla de temas relacionados con el agua (usos sanitarios, residuos líquidos, de suministros del agua, aguas superficiales, subterráneas, aguas lluvias, entre otras).

Está el Decreto 1594 de 1984, éste reglamenta la Ley 9 de 1979, con relación a los criterios de calidad del recurso hídrico de acuerdo con su destinación (Art. 38 y 39); criterios de calidad de vertimientos líquidos a un cuerpo de agua (Art. 72) y de vertimiento a un alcantarillado público (Art 73).

La ley 373 de 1997**,** que establece un programa de uso eficiente y ahorro de Agua.

En cuanto al uso y consumo del recurso hídrico esta la ley 373 de 1997, la cual establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.

Por último el decreto 1594 de 1984, reglamenta los usos del agua y el manejo de los residuos líquidos es decir todo lo relacionado con los vertimientos de éste recurso.

En el ámbito internacional existen entidades como la WAZA (World Asociation of Zoos and Aquarium), su misión es orientar, fomentar y apoyar los Zoológicos, acuarios y organizaciones mundiales afines en el cuidado y bienestar animal, en la educación ambiental y en la conservación global. Esta entidad también se encarga de la integración de las comunidades de Zoológicos y acuarios del mundo que se unen para la conservación, manejo y cría de animales en cautiverio y para fomentar los más altos estándares de bienestar animal. Por último, promueve la educación ambiental, la conservación de la vida silvestre y la investigación ambiental. Esta organización es la principal y es de ésta que se desprenden otras organizaciones a nivel mundial. En Europa está la EAZA (Asociación Europea de Parques Zoológicos y Acuarios), Latinoamérica cuenta con la ALPZA (Asociación Latinoamérica de Parques Zoológicos y Acuarios) y Colombia cuenta con la ACOPAZOA (Asociación Colombiana de Parques Zoológicos y Acuarios entre otras).

Por último es importante conocer los elementos indispensables para definir la política ambiental del Zoológico de Cali garantizando que:

A) Sea apropiada para la naturaleza, escala e impacto ambiental de sus actividades, productos y servicios.
B) Incluya el compromiso de mejorar continuamente y de prevenir la contaminación.
C) Incluya un compromiso de cumplimiento con la normatividad ambiental que aplique, así como con otros compromisos / convenios suscritos por el Zoológico.

Según los elementos anteriormente mencionados, el Zoológico de Cali expidió su política ambiental, la cual nos dice lo siguiente:
La Fundación Zoológica de Cali se compromete a establecer un sistema de gestión y mejora continua, que promueva prácticas ambientales sostenibles en todas sus áreas, haciendo esfuerzos en la prevención, disminución y mitigación continua y progresiva de los impactos ambientales resultantes de sus actividades, productos y servicios, a la luz de los lineamientos ambientales establecidos en la legislación colombiana y en la Estrategia Mundial para la Conservación en Zoológicos y Acuarios.[3]

## 4.3 APORTE INTELECTUAL

Para el desarrollo del proyecto es importante tener en cuenta los conceptos mencionados en el marco teórico los cuales permitirán en conjunto el desarrollo de la herramienta para la determinación de la Huella del Agua en la Fundación Zoológica de Cali, la cual se integrará con herramientas globales como la Huella Ecológica ayudando a cumplir con uno de los objetivos fundamentales como lo es el desarrollo de un sistema de gestión ambiental contando con aspectos sociales, económicos y ambientales que le permitan al Zoológico realizar procesos sostenibles con lo que la buena utilización de los recursos naturales y la minimización de los impactos ambientales ayudarían al desarrollo sostenible.

Por otra parte es importante tener en cuenta que para el cálculo de la Huella del Agua no se contará con unidades externas a la Zona de Exhibiciones del Zoológico, ya que el objetivo del proyecto es el desarrollo de una herramienta que permita el cálculo actual y futuro del uso y consumo del recurso hídrico dentro de la Zona de Exhibiciones, por lo tanto otras zonas del Zoológico como el Centro de atención de fauna silvestre (CAFS), el Centro de Investigación y Documentación del Zoológico (CIDZOO), la Unidad de Desarrollo Física (UDF) y la Unidad de Bienestar Animal (UBA) no se incluirán dentro del cálculo, pero es importante resaltar que la herramienta que se desarrollará es la guía principal para el cálculo, con lo cual se espera que la Fundación adopte esta herramienta para que la

3 Política ambiental del Zoológico de Cali.

utilización eficiente y responsable del recurso hídrico se realice en todas las exhibiciones del Zoológico de Cali.

# 5. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

## 5.1 RECURSOS DISPONIBLES

Recursos bibliográficos: De donde se extraerá la información que permita el desarrollo y creación de una metodología adecuada para la realización de la herramienta como, libros, publicaciones, revistas, bases de datos Universidad Icesi (EBSCOHOST, JSTOR) e información proporcionada por el Zoológico.

Recursos tecnológicos: Internet, pagina web de la Huella del Agua (Waterfootprint).

Recursos humanos: Investigadores encargados Laura Alejandra Serna Salcedo y Martha Lucia Muñoz Moya y el tutor temático Sory Carola Torres y metodológico Jairo Guerrero Bueno.

Recursos económicos: Para la realización del proyecto no se tendrán en cuenta el aspecto económico por lo que no tienen un valor significativo dentro del desarrollo del mismo.

## 5.2 CRONOGRAMA DEL PROYECTO

En el cronograma se pueden observar las actividades que se realizaron para el desarrollo y cumplimiento de los objetivos específicos anteriormente planteados, las cuales se pueden ver en el anexo B que se encuentran al finalizar el documento presente.

## 5.1 EQUIPO DE INVESTIGACIÓN

Laura Alejandra Serna Salcedo: Investigadora y responsable del desarrollo del proyecto, encargada de realizar todas las actividades que permitieron el cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados para la determinación de la Huella del Agua en el Zoológico de Cali. Estudiante de Ingeniería Industrial de noveno semestre de la Universidad Icesi.

Martha Lucía Muñoz Moya: Investigadora y responsable del desarrollo del proyecto, encargada de realizar todas las actividades que permitieron el cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados que para la determinación

de la Huella del Agua en el Zoológico de Cali. Estudiante de Ingeniería Industrial de noveno semestre de la Universidad Icesi.

Sory Carola Torres: Tutora temática del proyecto, encargada de brindar los soportes y correcciones necesarias para el desarrollo del proyecto en cuanto ha contenido. Licenciada en Biología y Química de la Universidad del Valle.

Jairo Guerrero Bueno: Tutor metodológico del proyecto, encargado de realizar las correcciones estructurales del proyecto. Ingeniero Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana.

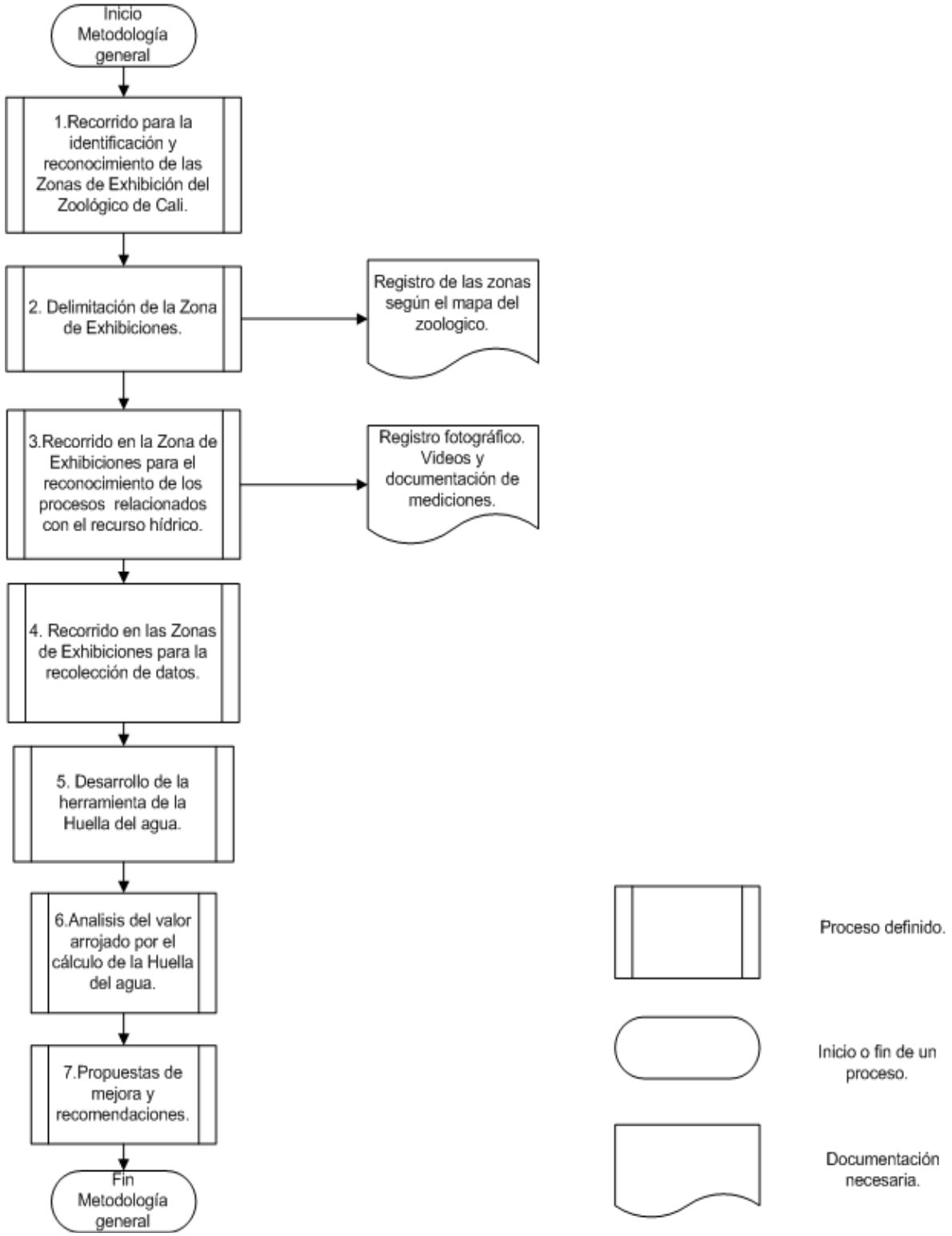
# 6. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para el desarrollo del proyecto se tuvieron presente los objetivos planteados y las actividades correspondientes a cada uno de ellos, los cuales se llevaron a cabo teniendo siempre presente la definición y la herramienta desarrollada por Hoekstra y Hung (2002), en donde se realizó la metodología que finalmente permitió el desarrollo de la herramienta de la Huella del agua para la Zona de Exhibiciones del Zoológico de Cali.

## 6.1 METODOLOGÍA GENERAL

Para el desarrollo de la metodología se tuvieron en cuenta los siguientes ítems, los cuales permitieron mantener un proceso estandarizado durante el desarrollo del proyecto de la siguiente forma:

Figura 1: Metodología general del proyecto



6.1.1 Recorrido para la Identificación y reconocimiento de las Zonas del Zoológico de Cali.

Este proceso se realizó con el fin de reconocer las Zonas que conformar el Zoológico, en donde fue posible reconocer las siguientes:

CREA: Centro de investigación de la Fundación Zoológico de Cali.

CIDZOO: Centro de educación para la investigación.

CAFS: Centro de atención de fauna silvestre.

UDF: Unidad de desarrollo físico.

UBA: Unidad de bienestar animal.

Zona de exhibiciones.

6.1.2 Delimitación de la Zona de Exhibiciones.

Teniendo en cuenta la identificación de las áreas y departamentos que componen al Zoológico, fue posible determinar las zonas en donde se iba a trabajar que corresponden a la Zona de Exhibiciones, las cuales hacen parte de la delimitación y el alcance del proyecto. Para esto se tuvo en cuenta el recorrido realizado al momento de la recopilación de datos en donde se determinaron siete zonas trabajo, con el fin de minimizar tiempo, las cuales se pueden observar en el anexo C del presente documento, éstas se delimitaron de acuerdo al mapa del Zoológico teniendo en cuenta el recorrido realizado.

Figura 2: Mapa del Zoológico de Cali

6.1.3 Recorrido en la Zona de Exhibiciones para el reconocimiento de los procesos relacionados con el recurso hídrico.

Durante este proceso se realizaron visitas semanales en las horas de la mañana de las cuales se destacan las tres primeras visitas que fueron determinantes para el desarrollo del proyecto, en donde se observó y analizó detalladamente cada una de las exhibiciones y finalmente se identificó cada uno de los procesos relacionados con el uso y consumo del recurso hídrico. Igualmente se determinó cuales exhibiciones contaban con piletas y/o bebederos, para esto se obtuvieron registros fotográficos y documentación detallada de cada una de las exhibiciones, lo cual se puede observar en el anexo D del presente documento.

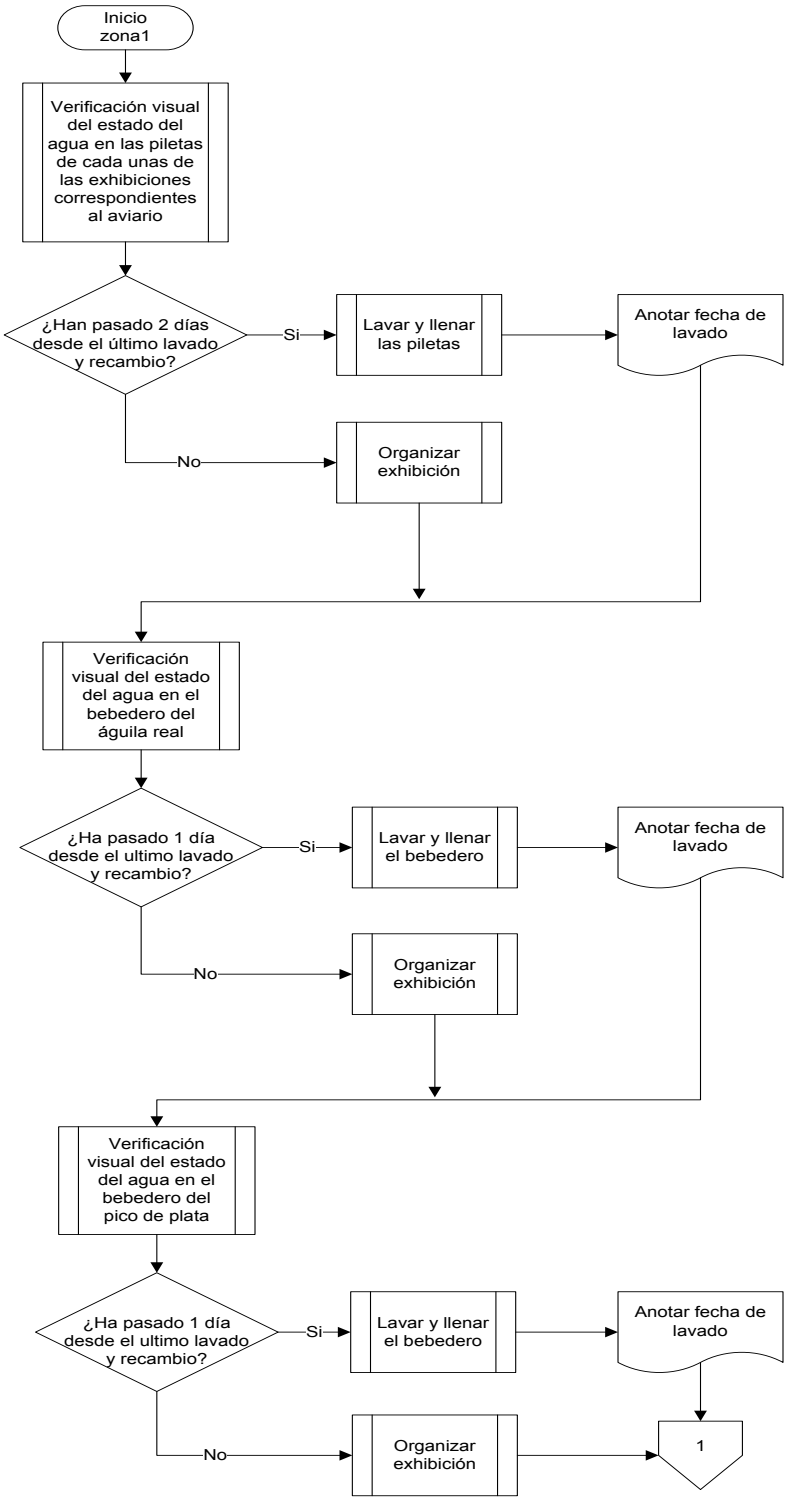
En la primera visita se habló con el arquitecto del Zoológico, el cual realizó una introducción muy general de los procesos relacionados con el recurso hídrico en la Zona de Exhibiciones y suministró copias de los recibos de agua de EMCALI correspondientes a los años 2010 y 2011.

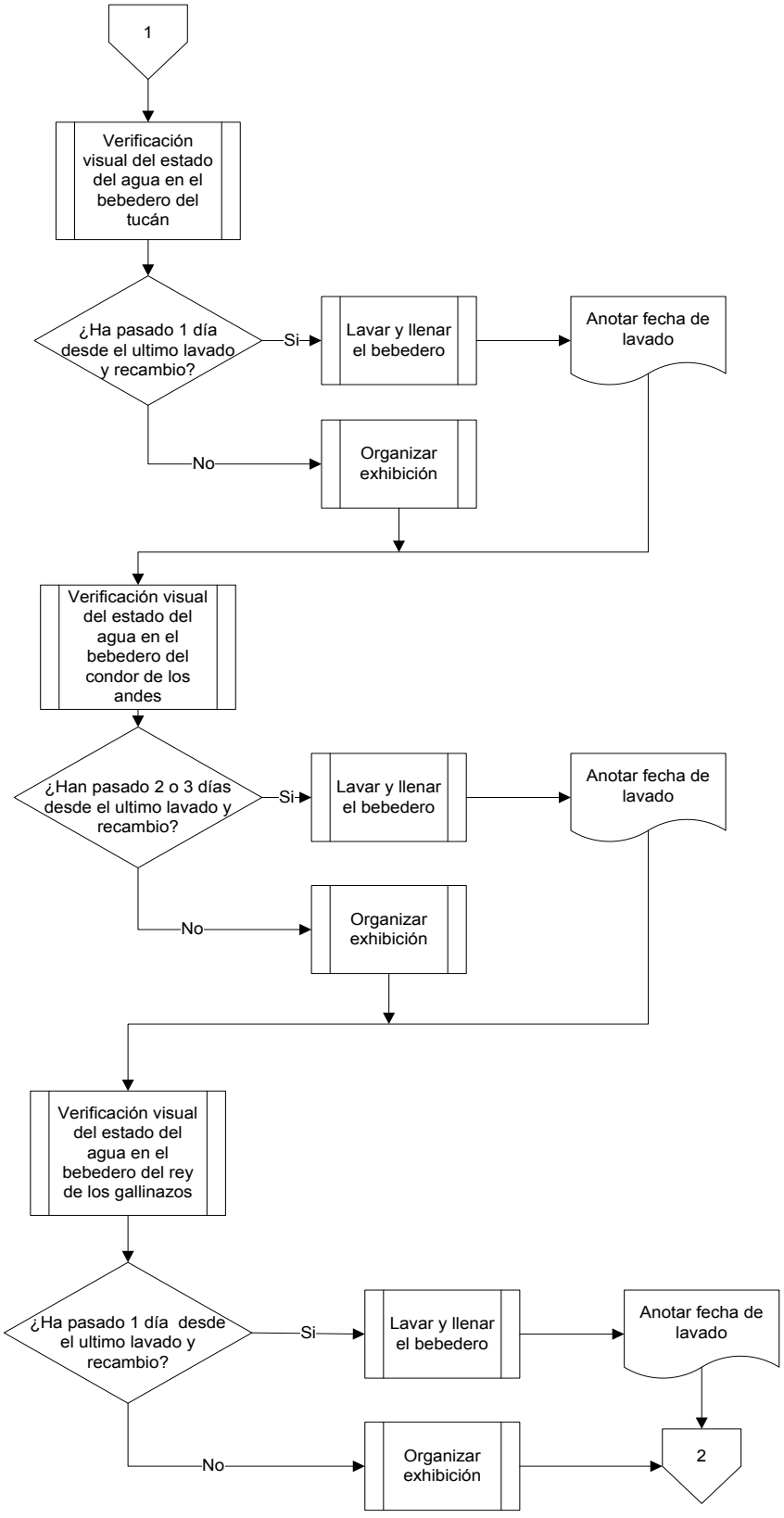
En la segunda visita se realizó el recorrido a las instalaciones de la Planta de Tratamiento de agua, con uno de los encargados de mantenimiento del Zoológico, en donde se observó todo el proceso de tratamiento que tiene el agua desde que la toman del Río Cali hasta que la entregan a cada una de las exhibiciones.

En la tercera visita se realizó una reunión con el encargado de la Unidad de Bienestar Animal, que fue la persona que permitió el acceso directo a cada exhibición y el que colaboró con la información referente a los días de recambio del agua de las piletas y/o bebederos y del lavado y mantenimiento en cada exhibición, también fue la persona con la que se permaneció en contacto desde el inicio hasta el fin del proyecto, por lo tanto se acordaron los tiempos de trabajo de las próximas visitas con el fin de tener un orden y una mejor disposición de tiempo de las dos partes para el desarrollo del proyecto.

Teniendo ya la información detallada de los días de recambio de las piletas y/o bebederos clasificada y ordenada, se realizaron los diagramas de flujo correspondientes a cada una de las Zonas de Exhibiciones, en donde se describen claramente los procesos de recambio y lavado de las piletas y/o bebederos, los cuales se pueden observar a continuación:

Figura 3: Diagrama de flujo zona 1




1
Verificación visual del estado del agua en el bebedero del tucán
¿Ha pasado 1 día desde el ultimo lavado y recambio?
Si
Lavar y llenar el bebedero
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Verificación visual del estado del agua en el bebedero del condor de los andes
¿Han pasado 2 o 3 días desde el ultimo lavado y recambio?
Si
Lavar y llenar el bebedero
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Verificación visual del estado del agua en el bebedero del rey de los gallinazos
¿Ha pasado 1 día desde el ultimo lavado y recambio?
Si
Lavar y llenar el bebedero
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
2

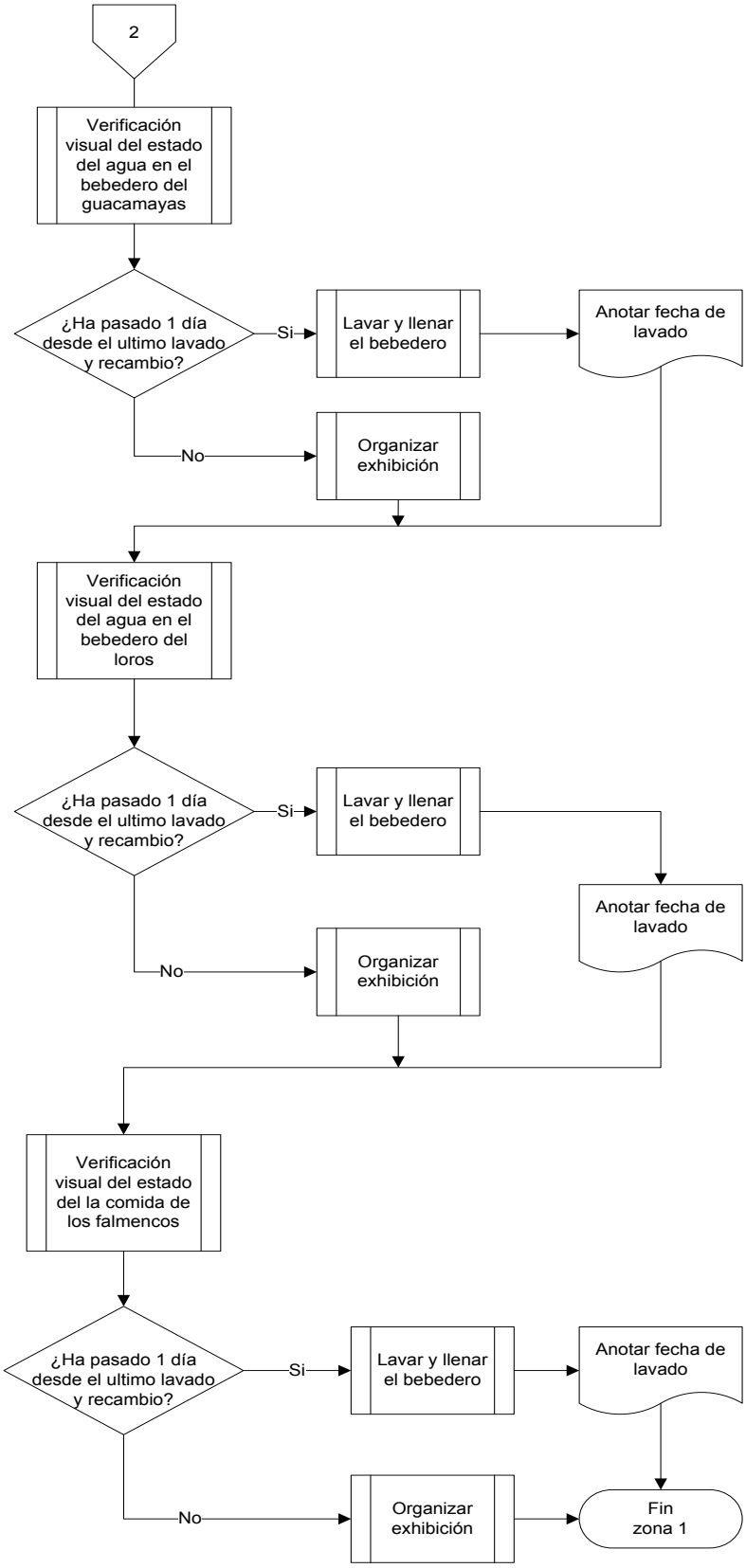
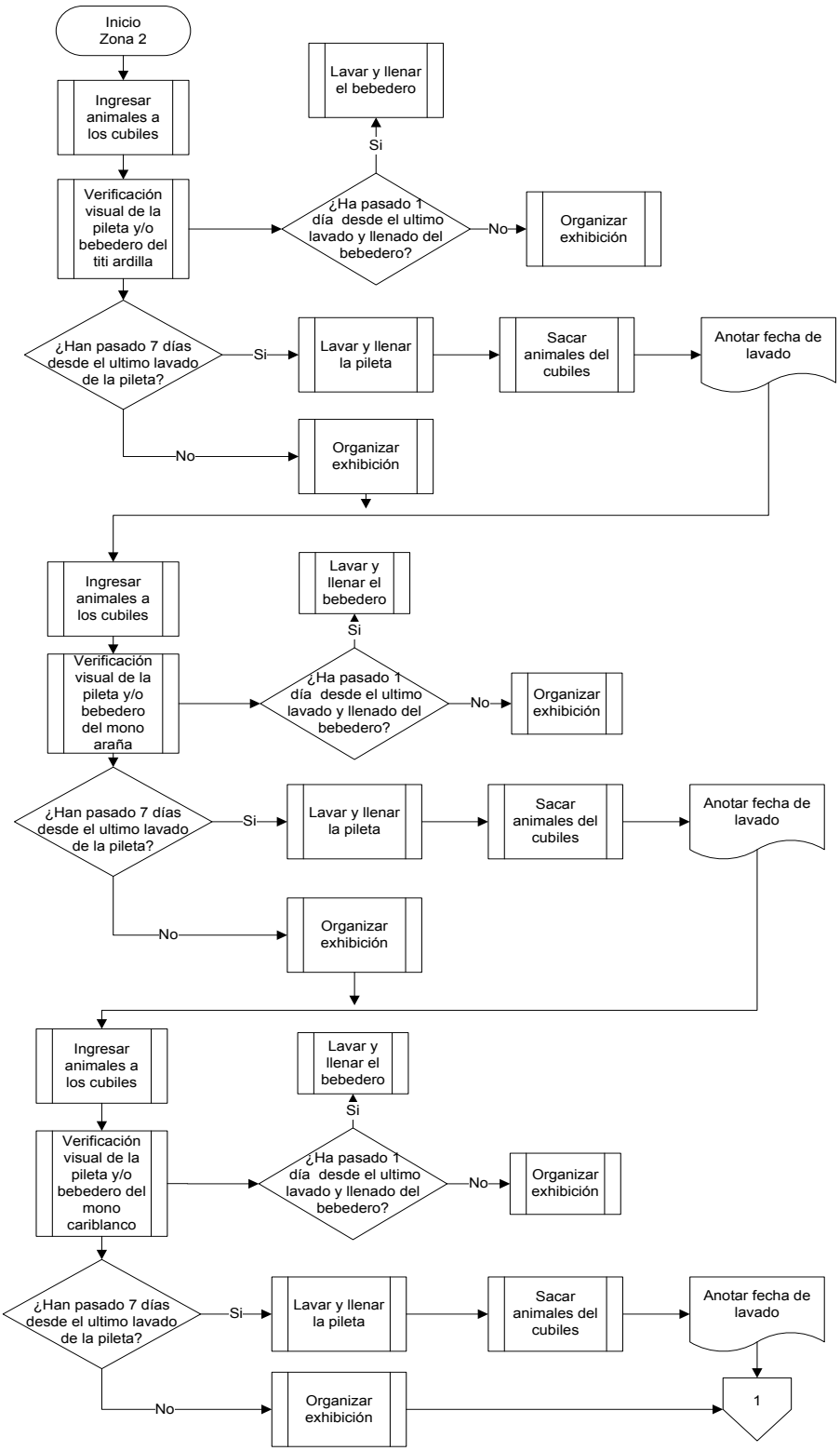
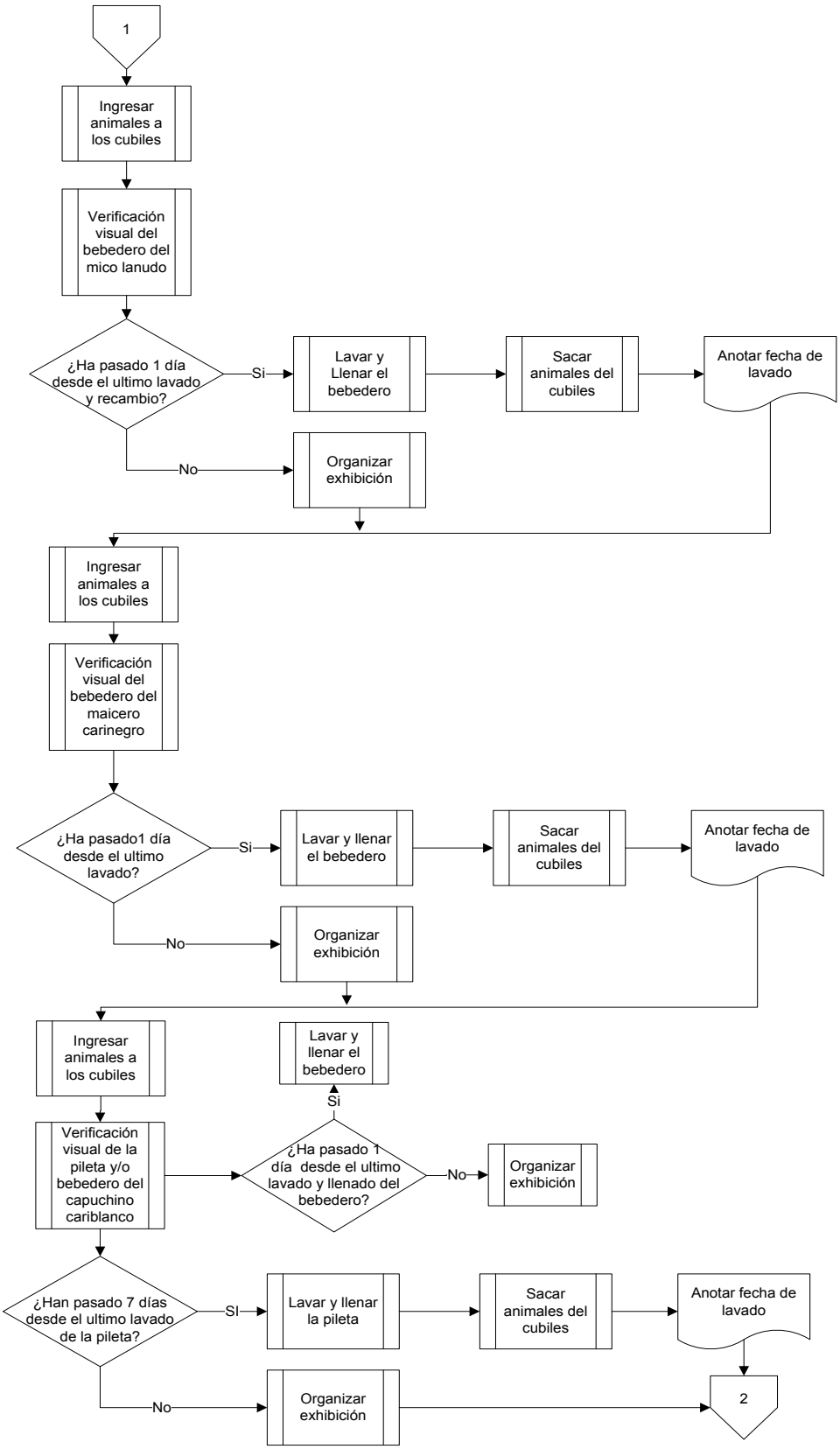
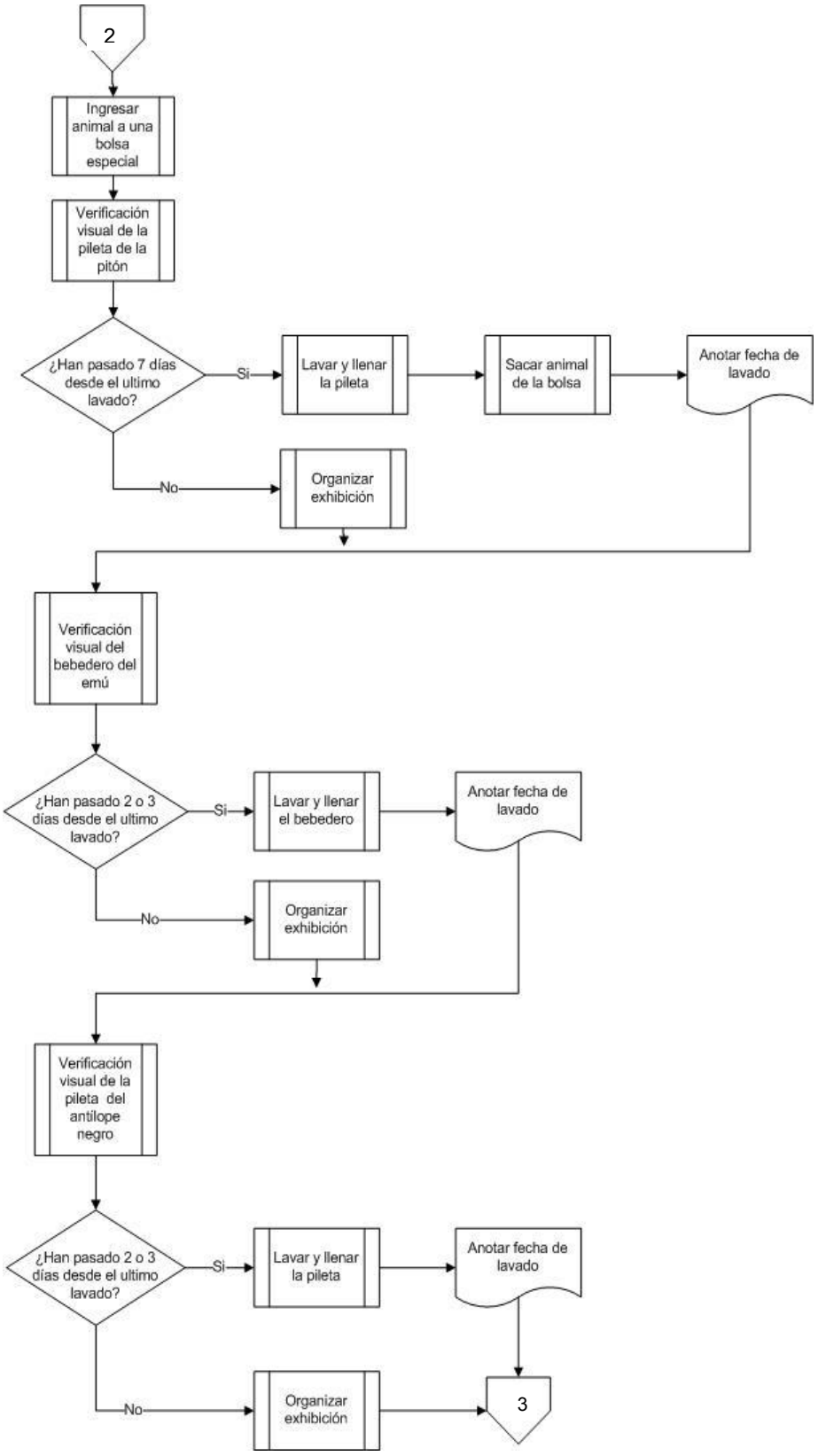

2
Verificación visual del estado del agua en el bebedero del guacamayas
¿Ha pasado 1 día desde el ultimo lavado y recambio?
Si
Lavar y llenar el bebedero
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Verificación visual del estado del agua en el bebedero del loros
¿Ha pasado 1 día desde el ultimo lavado y recambio?
Si
Lavar y llenar el bebedero
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Verificación visual del estado del la comida de los falmencos
¿Ha pasado 1 día desde el ultimo lavado y recambio?
Si
Lavar y llenar el bebedero
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Fin zona 1

Figura 4: Diagrama de flujo zona 2




1
Ingresar animales a los cubiles
Verificación visual del bebedero del mico lanudo
¿Ha pasado 1 día desde el ultimo lavado y recambio?
Si
Lavar y Llenar el bebedero
Sacar animales del cubiles
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Ingresar animales a los cubiles
Verificación visual del bebedero del maicero carinegro
¿Ha pasado1 día desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar el bebedero
Sacar animales del cubiles
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Ingresar animales a los cubiles
Lavar y llenar el bebedero
Si
Verificación visual de la pileta y/o bebedero del capuchino cariblanco
¿Ha pasado 1 día desde el ultimo lavado y llenado del bebedero?
No
Organizar exhibición
¿Han pasado 7 días desde el ultimo lavado de la pileta?
SI
Lavar y llenar la pileta
Sacar animales del cubiles
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
2


2
Ingresar animal a una bolsa especial
Verificación visual de la pileta de la pitón
¿Han pasado 7 días desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar la pileta
Sacar animal de la bolsa
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Verificación visual del bebedero del emú
¿Han pasado 2 o 3 días desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar el bebedero
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Verificación visual de la pileta del antilope negro
¿Han pasado 2 o 3 días desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar la pileta
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
3

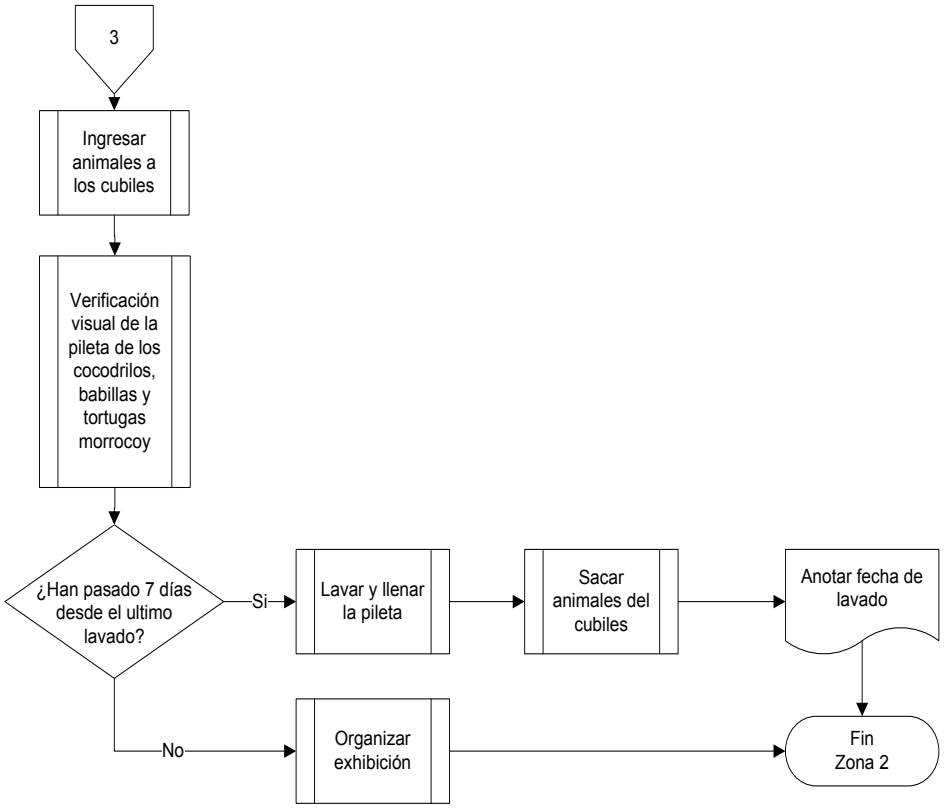
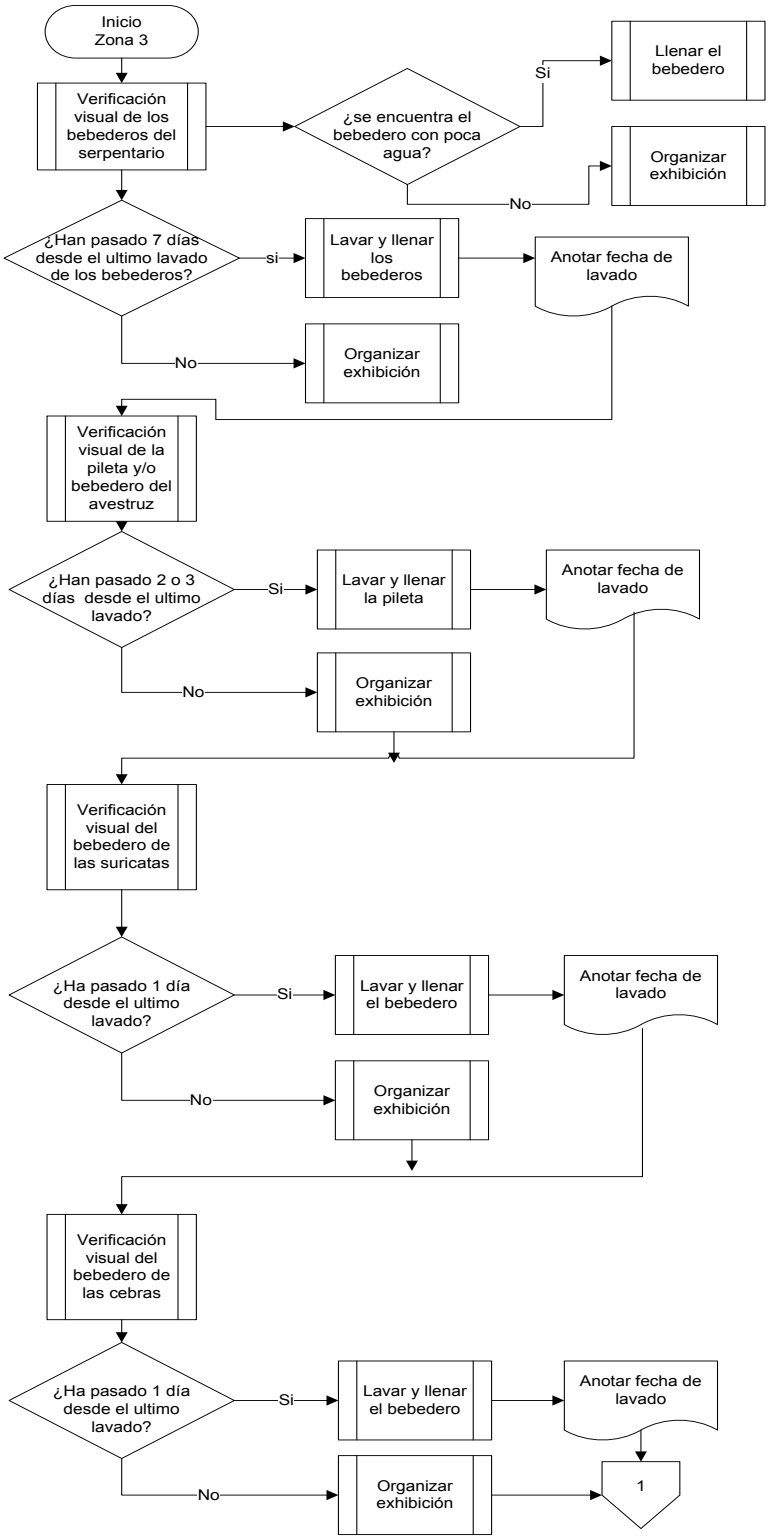

3
Ingresar animales a los cubiles
Verificación visual de la pileta de los cocodrilos, babillas y tortugas morrocoy
¿Han pasado 7 días desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar la pileta
Sacar animales del cubiles
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Fin Zona 2

**Figura 5: Diagrama de flujo zona 3**



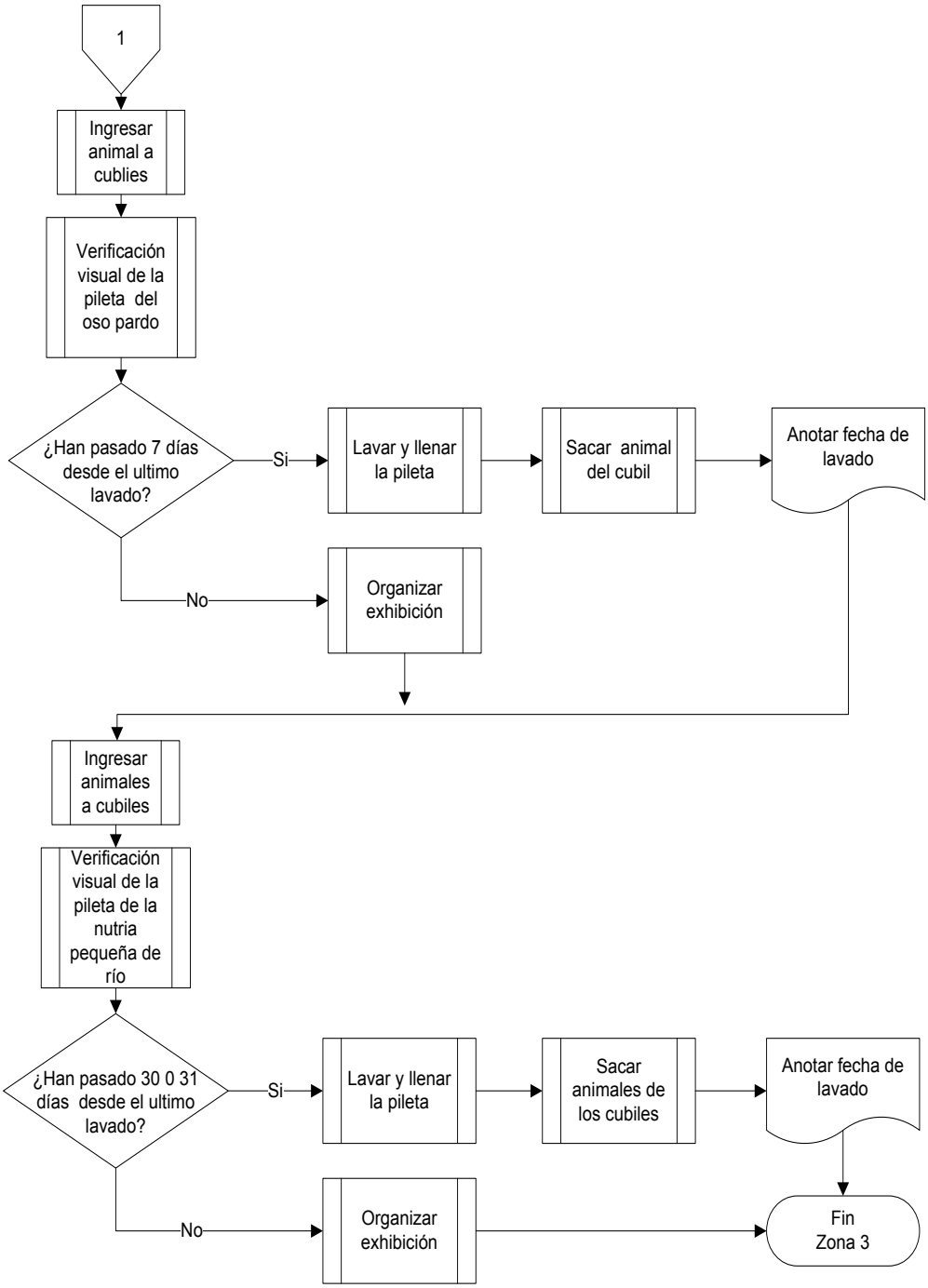
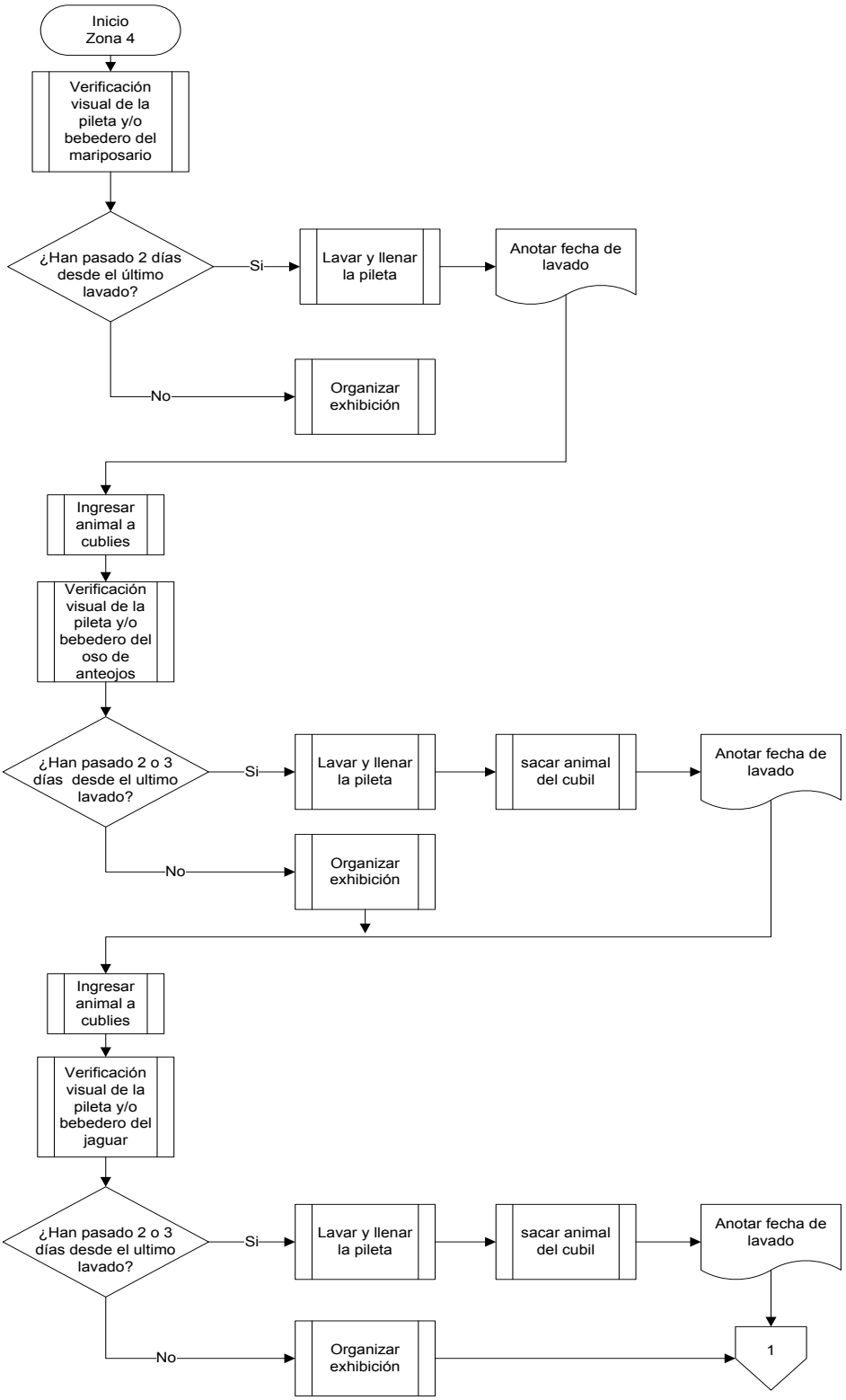
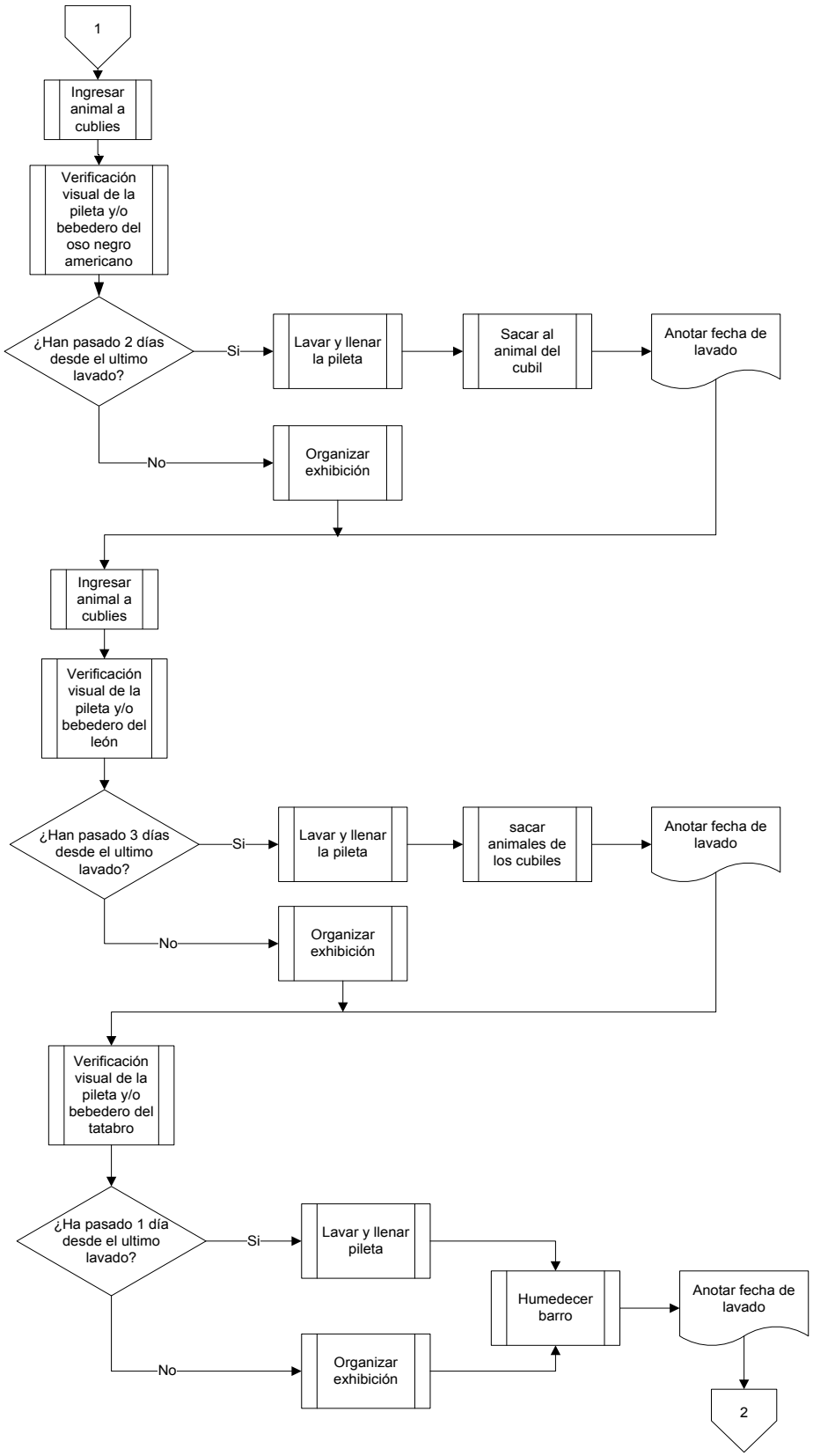

1
Ingresar animal a cublies
Verificación visual de la pileta del oso pardo
¿Han pasado 7 días desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar la pileta
Sacar animal del cubil
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Ingresar animales a cubiles
Verificación visual de la pileta de la nutria pequeña de río
¿Han pasado 30 0 31 días desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar la pileta
Sacar animales de los cubiles
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Fin Zona 3

Figura 6: Diagrama de flujo zona 4




1
Ingresar animal a cublies
Verificación visual de la pileta y/o bebedero del oso negro americano
¿Han pasado 2 días desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar la pileta
Sacar al animal del cubil
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Ingresar animal a cublies
Verificación visual de la pileta y/o bebedero del león
¿Han pasado 3 días desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar la pileta
sacar animales de los cubiles
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Verificación visual de la pileta y/o bebedero del tatabro
¿Ha pasado 1 día desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar pileta
Humedecer barro
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
2

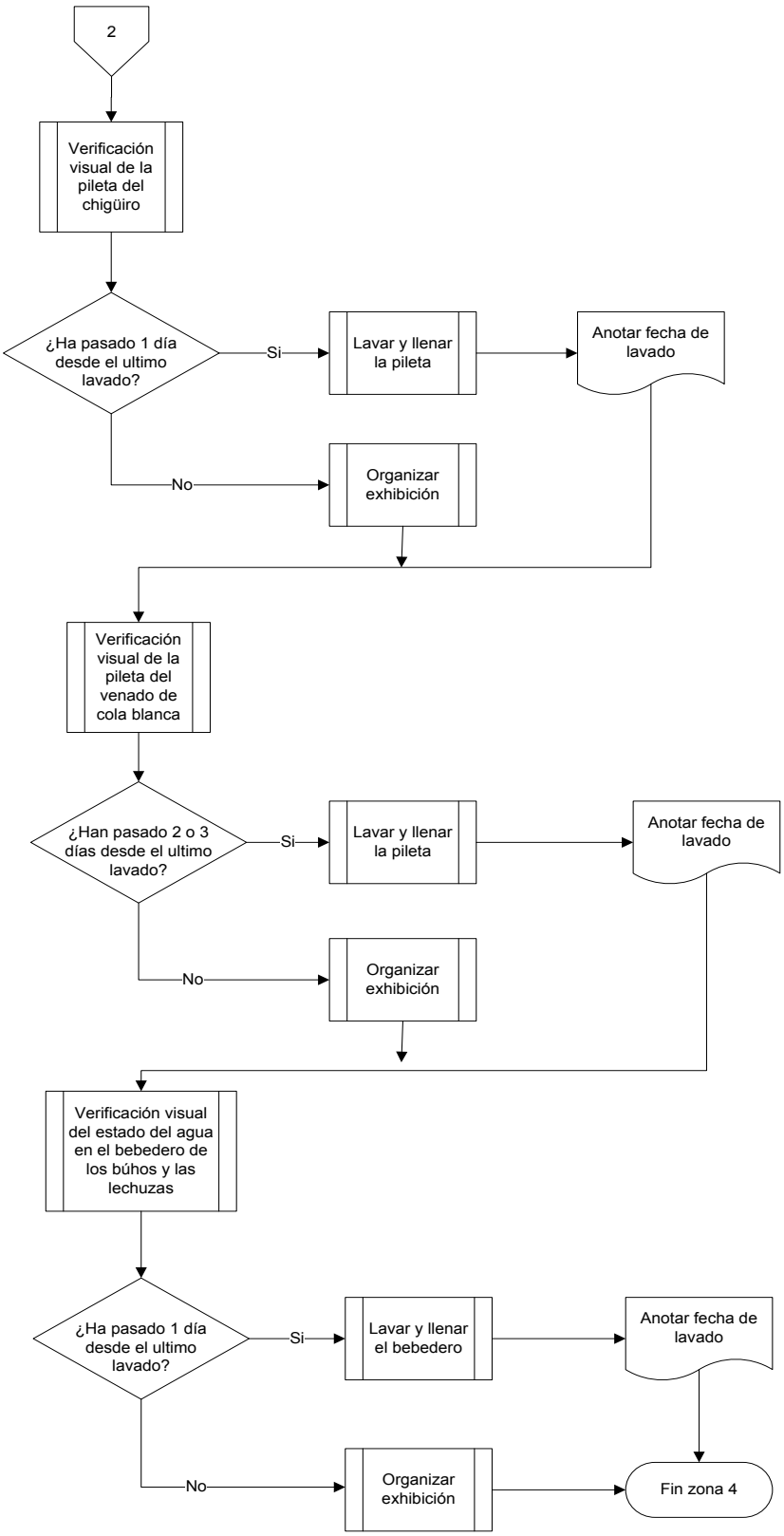
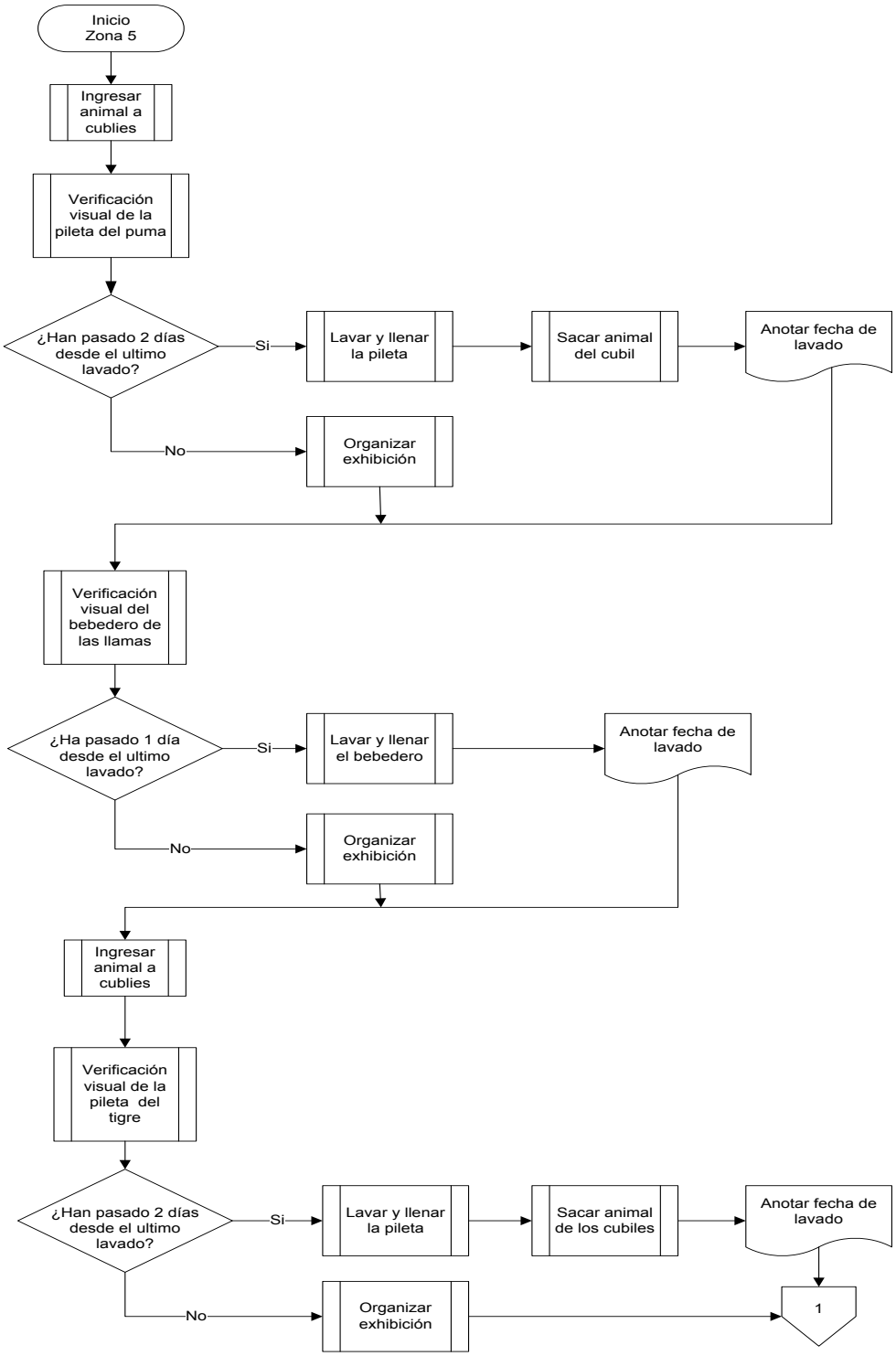
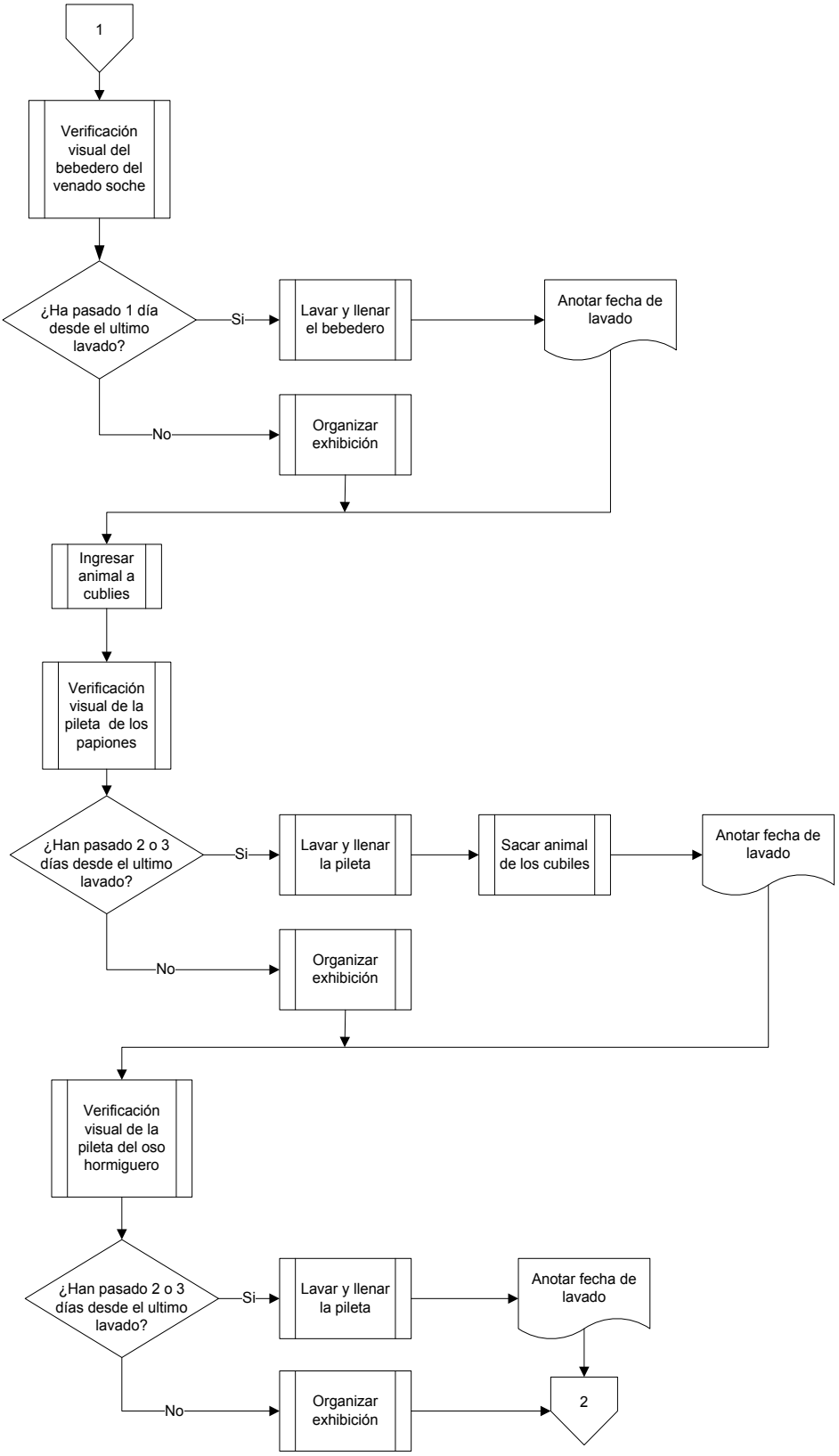

2
Verificación visual de la pileta del chigüiro
¿Ha pasado 1 día desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar la pileta
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Verificación visual de la pileta del venado de cola blanca
¿Han pasado 2 o 3 días desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar la pileta
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Verificación visual del estado del agua en el bebedero de los búhos y las lechuzas
¿Ha pasado 1 día desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar el bebedero
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Fin zona 4

Figura 7: Diagrama de flujo zona 5




1
Verificación visual del bebedero del venado soche
¿Ha pasado 1 día desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar el bebedero
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Ingresar animal a cublies
Verificación visual de la pileta de los papiones
¿Han pasado 2 o 3 días desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar la pileta
Sacar animal de los cubiles
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Verificación visual de la pileta del oso hormiguero
¿Han pasado 2 o 3 días desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar la pileta
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
2

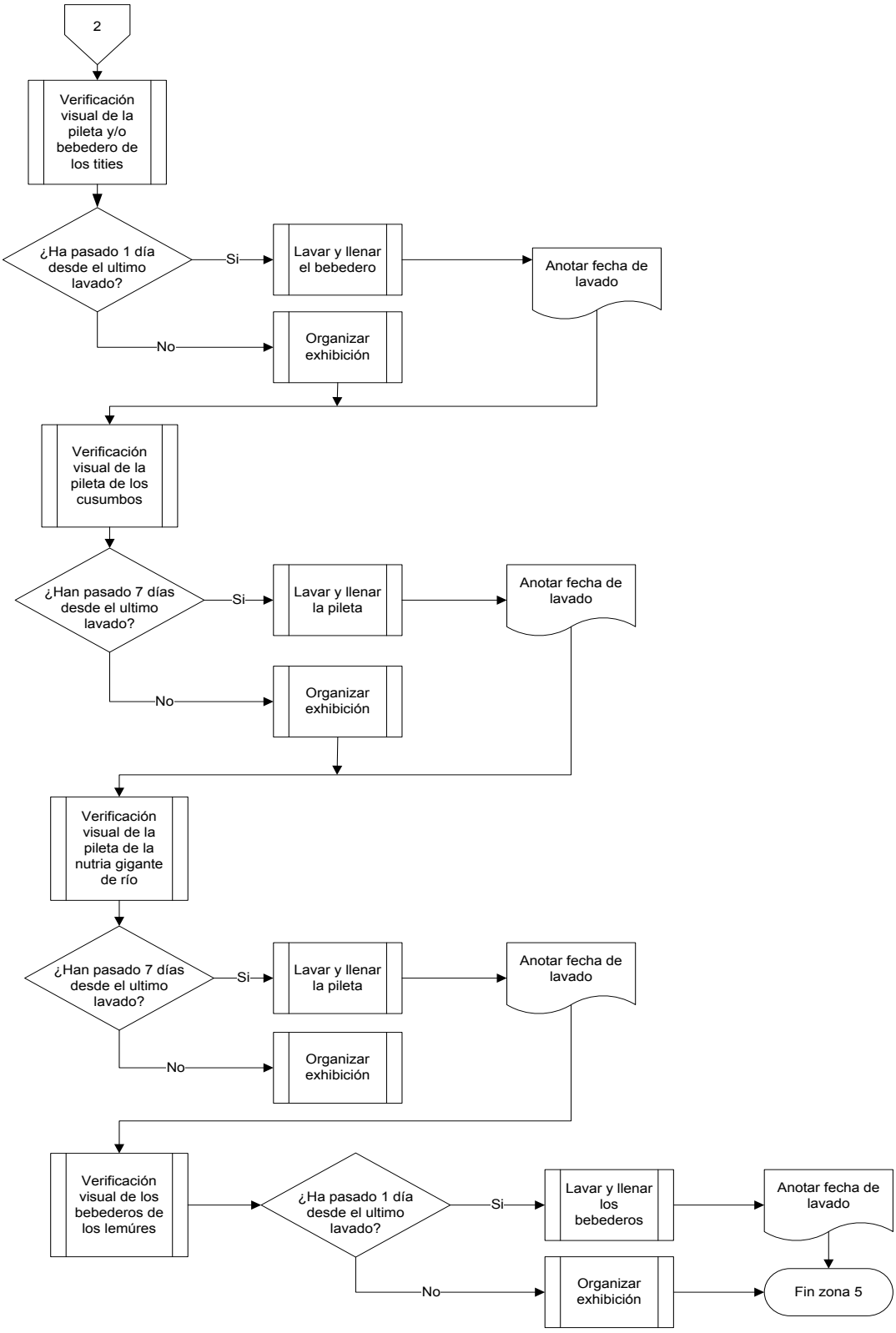
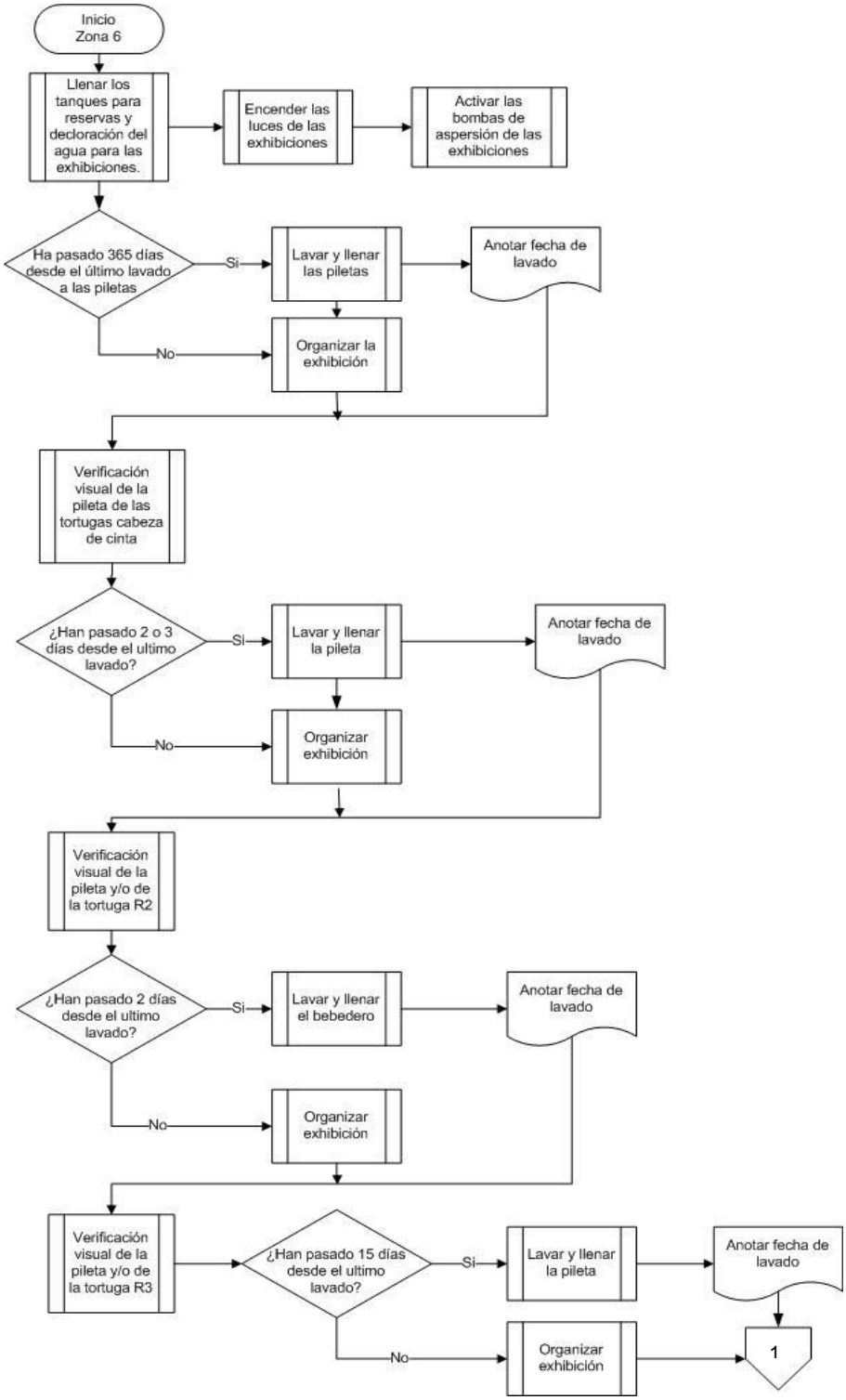
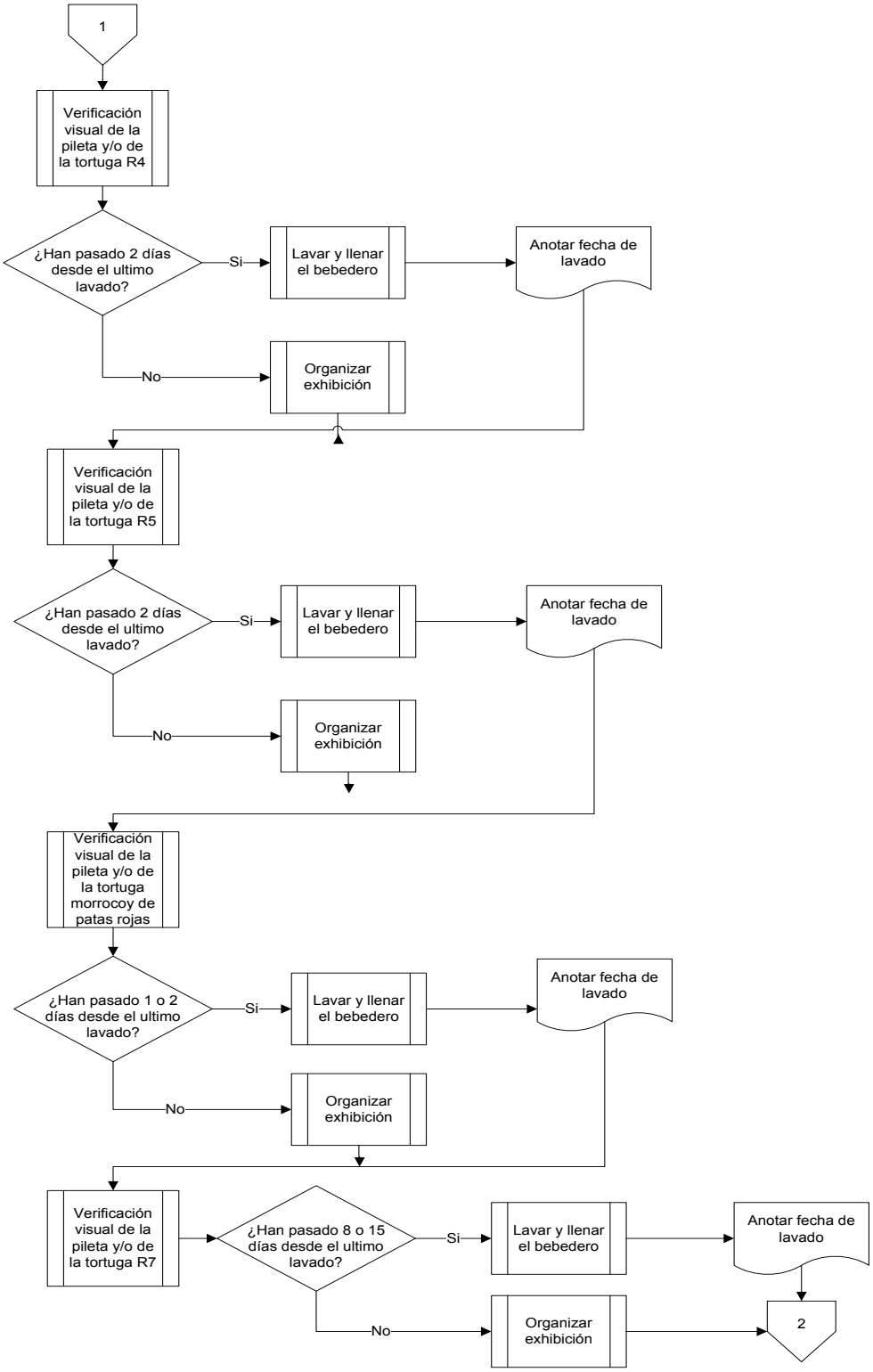

2
Verificación visual de la pileta y/o bebedero de los tities
¿Ha pasado 1 día desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar el bebedero
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Verificación visual de la pileta de los cusumbos
¿Han pasado 7 días desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar la pileta
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Verificación visual de la pileta de la nutria gigante de río
¿Han pasado 7 días desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar la pileta
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Verificación visual de los bebederos de los lemúres
¿Ha pasado 1 día desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar los bebederos
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Fin zona 5

Figura 8: Diagrama de flujo zona 6




1
Verificación visual de la pileta y/o de la tortuga R4
¿Han pasado 2 días desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar el bebedero
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Verificación visual de la pileta y/o de la tortuga R5
¿Han pasado 2 días desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar el bebedero
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Verificación visual de la pileta y/o de la tortuga morrocoy de patas rojas
¿Han pasado 1 o 2 días desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar el bebedero
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Verificación visual de la pileta y/o de la tortuga R7
¿Han pasado 8 o 15 días desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar el bebedero
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
2

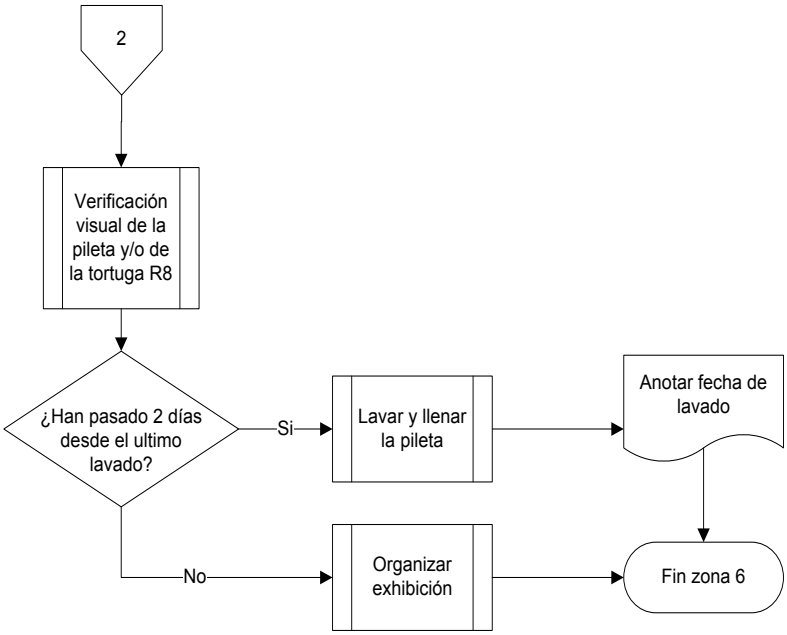
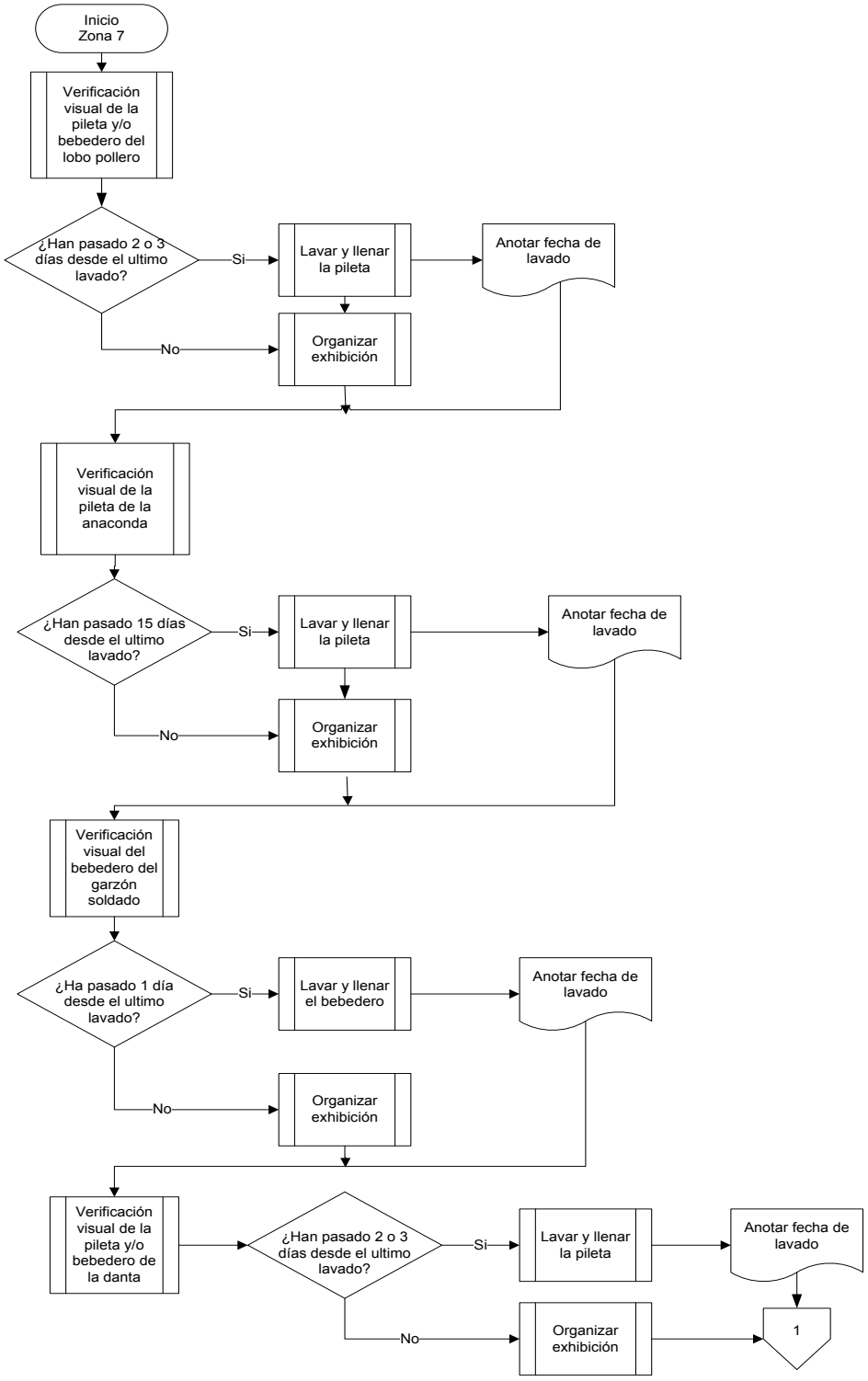
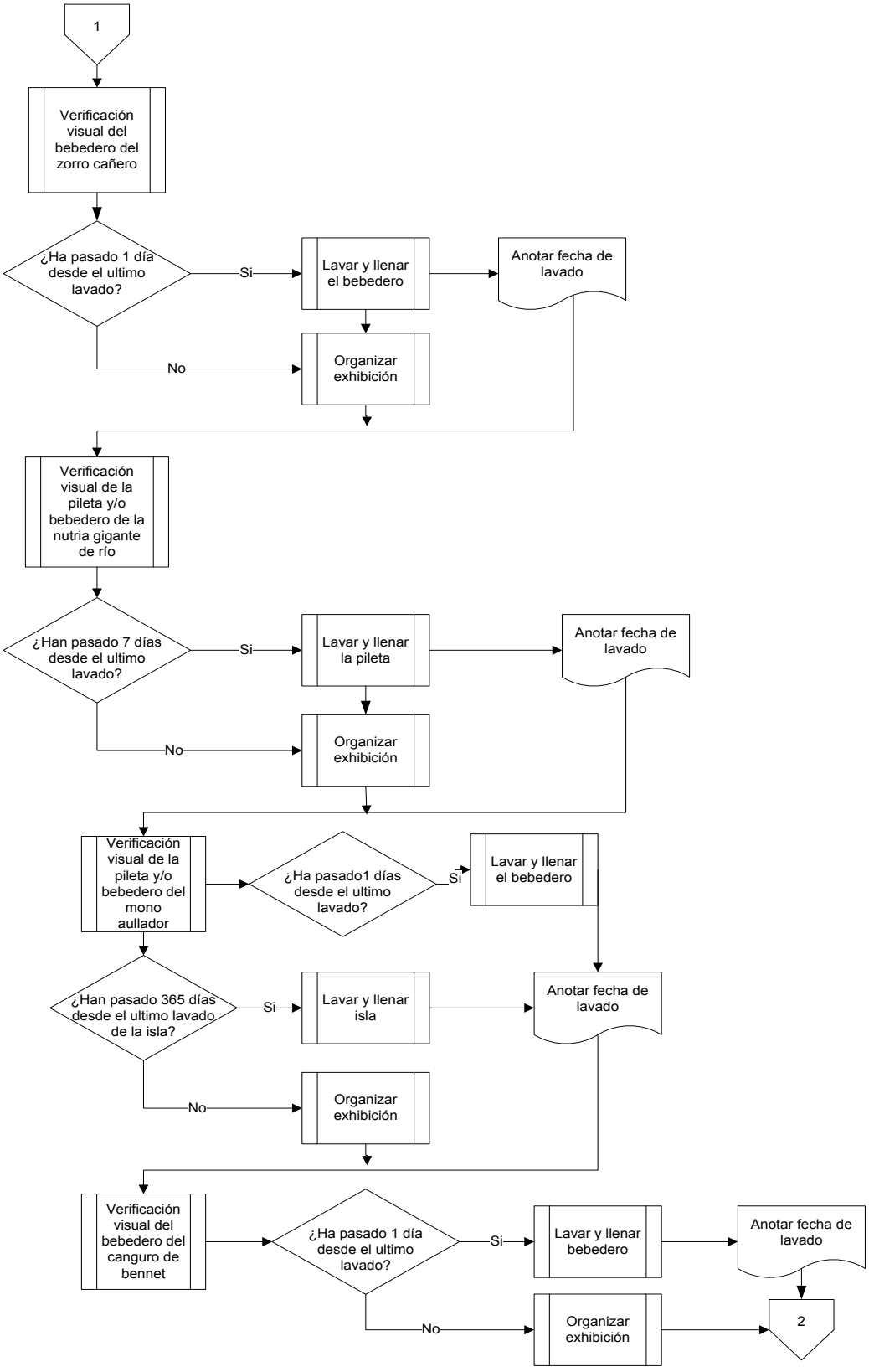
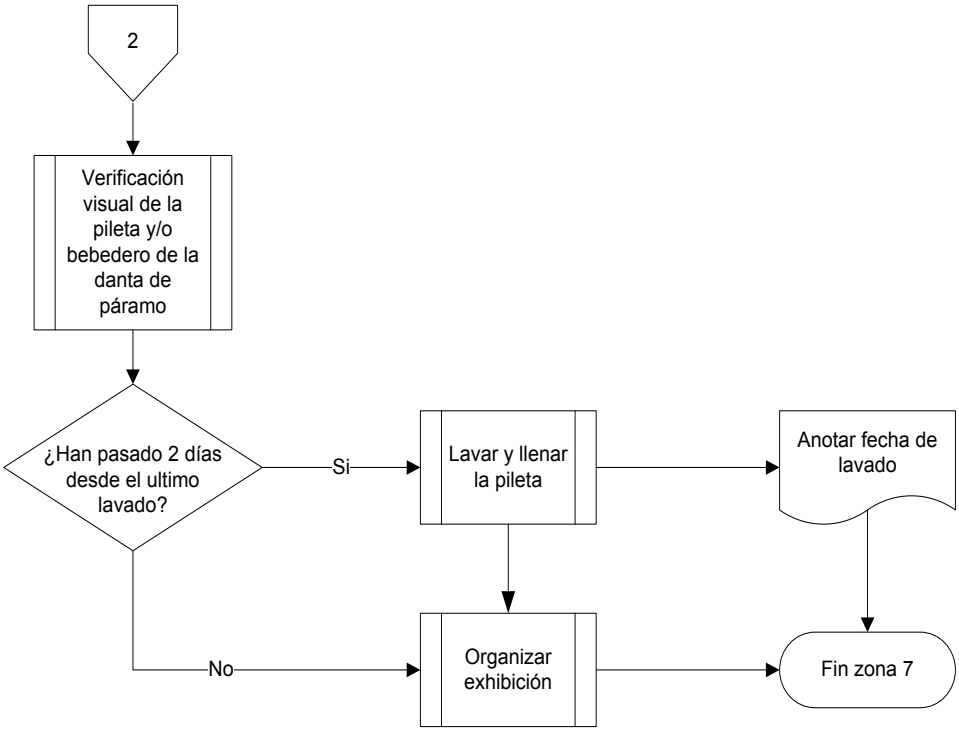

2
Verificación visual de la pileta y/o de la tortuga R8
¿Han pasado 2 días desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar la pileta
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Fin zona 6

Figura 9: Diagrama de flujo zona 7




1
Verificación visual del bebedero del zorro cañero
¿Ha pasado 1 día desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar el bebedero
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Verificación visual de la pileta y/o bebedero de la nutria gigante de río
¿Han pasado 7 días desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar la pileta
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Verificación visual de la pileta y/o bebedero del mono aullador
¿Ha pasado1 días desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar el bebedero
¿Han pasado 365 días desde el ultimo lavado de la isla?
Si
Lavar y llenar isla
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
Verificación visual del bebedero del canguro de bennet
¿Ha pasado 1 día desde el ultimo lavado?
Si
Lavar y llenar bebedero
Anotar fecha de lavado
No
Organizar exhibición
2


2
Verificación visual de la pileta y/o bebedero de la danta de páramo
¿Han pasado 2 días desde el ultimo lavado?
Si
No
Lavar y llenar la pileta
Anotar fecha de lavado
Organizar exhibición
Fin zona 7

### 6.1.4 Recorrido en las Zonas de Exhibiciones para la recolección de datos.

#### 6.1.4.1 Mediciones para volúmenes de piletas y/o bebederos

En esta etapa del proceso se realizaron visitas semanales en horas de la mañana en donde se programaban un promedio de cinco a seis mediciones de piletas y/o bebederos, dependiendo del tiempo del acompañante y del estado de los animales, ya que se tenía que esperar a que los animales estuvieran en los cubiles para poder ingresar a la exhibición. Cuando se cumplían todos los protocolos de seguridad se podía ingresar para realizar la medición de las piletas y/o bebederos correspondientes a cada exhibición. En algunas exhibiciones en donde no se ingresaban los animales a los cubiles, las mediciones las realizaba el encargado por cuestiones de seguridad. En este proceso se pudo evidenciar que la mayoría de las piletas tenían formas muy irregulares, por lo que las mediciones se realizaron tomando como referencia figuras más regulares como el paralelepípedo, el cilindro y el cubo para que fuera más fácil realizar el cálculo del volumen.

#### 6.1.4.2 Elaboración de los ecomapas

Los recorridos realizados en las Zonas de Exhibiciones permitieron identificar los puntos de tomas y desecho de agua en cada exhibición, esto con el fin de poder aclarar el tipo de agua que cada exhibición usa y consume y el manejo que se le da a la misma después de ser utilizada. Para lo anterior se realizaron los ecomapas que permitieron una visión más clara y detallada dentro de cada una de las exhibiciones, logrando observar puntos de entrada y salida de agua en donde se pudieron identificar puntos críticos por exhibición, con el fin de generar propuestas de mejora y recomendaciones que permitan que dichos procesos generen el mínimo impacto tanto en el uso y consumo del recurso hídrico como en su manejo al final del proceso. Los ecomapas realizados para dicho análisis se pueden observar en el anexo E del presente documento.

#### 6.1.4.3 Levantamiento de datos para el cálculo del volumen de agua usada y consumida en el lavado y mantenimiento de cada exhibición (Método experimental).

Durante el proceso de recolección de datos y de identificación de procesos relacionados con el agua, encontramos el lavado y mantenimiento de cada exhibición, el cual requiere de un volumen significativo de agua que hace parte del uso y consumo total de agua en la Zona de Exhibiciones el cual se calculó de la siguiente forma: se tomó como referencia un recipiente de 10 Lt al cual se le tomó el tiempo de llenado por exhibición, de igual forma se registro el tiempo de lavado y mantenimiento por exhibición el cual corresponde al tiempo desde que el

operario abre la llave hasta que la cierra para realizar el proceso, finalmente con estos datos se logró obtener la cantidad de litros de agua que se requieren para el proceso de lavado y mantenimiento por cada exhibición, estas tomas se realizaron en forma simultánea con las mediciones de las piletas y/o bebederos en horas de la mañana.

Es importante aclarar que el proceso de lavado corresponde al de las piletas y/o bebederos y el de mantenimiento al aseo que se realiza en la parte de cubiles y a la exhibición en general en donde se usa agua para limpiar residuos de comida y materia fecal.

Para la toma de los tiempos de lavado y mantenimiento, el Zoológico suministró el cronograma de trabajo en donde se mostraban los días y la hora de lavado y mantenimiento de cada exhibición. Este proceso se dividió entre las encargadas del proyecto de acuerdo a las zonas delimitadas, aclarando que los tiempos se tomaron solo a los procesos relacionados con el recurso hídrico.

# 7. DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA DE LA HUELLA DEL AGUA

Después de haber realizado los recorridos y las mediciones necesarias para el desarrollo del proyecto y de haber validado y documentado adecuadamente los datos obtenidos, se procedió a la elaboración de la herramienta en Excel con el fin de obtener el cálculo de la Huella del Agua, en la cual se tiene información de cada una de las exhibiciones, relacionada con el uso y consumo del recurso hídrico como: el número de veces al mes que se requieren para realizar los procesos de mantenimiento tanto a la exhibición como a las piletas, los ecomapas, el volumen de agua para llenar la pileta y/o bebedero, el volumen de agua para el lavado y mantenimiento de la pileta y/o bebedero. Con lo anterior se pudo obtener el volumen total de agua usada y consumida en la Zona de Exhibiciones correspondiente al cálculo de la Huella del Agua.

Todo lo anterior, es de suma importancia para la elaboración de la herramienta en Excel, la cual suministrará información detallada de cada una de las exhibiciones que actualmente se encuentran en el Zoológico, aclarando que esta información se relaciona solo al uso y consumo del recurso hídrico que se utiliza para llevar a cabo sus procesos diarios. La herramienta permitirá realizar cambios y calcular de nuevo la Huella del Agua en cualquier momento teniendo en cuenta los parámetros definidos en dicha herramienta. También si en determinado caso el Zoológico desea abrir una nueva exhibición sólo se tendrá que incluir determinados datos a la herramienta para que se calcule de nuevo la Huella del Agua.

La herramienta en Excel para la determinación de la Huella del Agua en las zonas de exhibiciones cuenta con una metodología de uso, la cual permite al usuario un manejo adecuado de la misma en donde se explica claramente las partes que la conforman.

## 7.1 Metodología para el uso de la herramienta

Se explica el contenido, y la forma de cómo el usuario debe usar y llenar la herramienta en el caso de que se tenga una nueva exhibición o de que se hayan realizado cambios relacionados con el recurso hídrico en las exhibiciones existentes, con el fin de tener como resultado el nuevo cálculo de la Huella del Agua de la Zona de Exhibiciones del Zoológico de Cali. Se comienza en la pestaña con el nombre de metodología.

.

### 7.1.1 Primera parte: Introducción

Se tiene que dar click en donde dice primera parte, se inicia con una breve introducción en donde primero se define el concepto de la Huella del agua, luego se realiza una contextualización en donde se dan a conocer los parámetros que permitirán el cálculo de la Huella del Agua, los cuales corresponden a el volumen de agua para piletas y/o bebederos, el volumen de agua para lavado y mantenimiento de las exhibición en general y el desperdicio generado. También se dan a conocer los parámetros de agua definidos teóricamente por la Huella del Agua como lo son el agua azul, el agua evaporada y el agua negra y finalmente se presenta la justificación que sustenta el objetivo principal de la herramienta adaptada a los procesos relacionados con el recurso hídrico en el Zoológico de Cali.

### 7.1.2 Segunda parte: Zona de Exhibiciones

En esta hoja se muestra una tabla con todas las exhibiciones del Zoológico, en dónde el usuario tiene la oportunidad de conocer detalladamente cada una de las exhibiciones, se le pregunta ¿Qué exhibición desea ver?, al elegir la exhibición debe dar doble click sobre ella y automáticamente podrá ver la información relacionada con el recurso hídrico, cómo el volumen total de las piletas y/o bebederos, el volumen de agua utilizada para lavado y mantenimiento de la exhibición, el desperdicio, el número promedio al mes de lavado y mantenimiento de la exhibición, el volumen total de agua usada y consumida en la exhibición y el eco-mapa hídrico, en el cual se puede ver la ubicación de las piletas y/o bebederos y las entradas y salidas de agua. Los datos correspondientes a cada una de las exhibiciones se explicarán con más detalle más adelante.

Si el usuario desea volver al cuadro donde se encuentran todas las exhibiciones, debe ir a la parte superior izquierda, justo al lado del nombre de la exhibición que esté viendo, y oprimir la flecha que dice “volver a Zona de Exhibiciones”. Cuando ya se encuentre nuevamente en el cuadro de las exhibiciones y desee volver a la metodología, nuevamente en la parte superior izquierda se debe oprimir la flecha que dice “volver a metodología” y se encontrará de nuevo el contenido inicial.

### 7.1.3 Tercera parte: Plantilla de mediciones

En esta hoja se pueden ver tres plantillas relacionadas con las figuras aproximadas de las piletas y/o bebederos, que le serán de gran ayuda al usuario en el momento de ingresar a la herramienta el volumen de una nueva pileta y /o bebedero. Las piletas que se encuentran en las exhibiciones no tienen una forma regular, por eso es que se deben aproximar a una forma más regular como las que se encuentran en la plantilla, para esto el usuario solo debe ingresar los datos que

se le piden en las casillas grises y finalmente el total se dará automáticamente después que el usuario termine de ingresar todo los datos.

En esta misma plantilla se tiene un convertidor de centímetros a metros, de metros cúbicos a litros, de minutos a segundos y uno de días a meses, esto con el fin de facilitarle al usuario el ingreso de los datos en las unidades que se piden.

### 7.1.4 Cuarta parte: Cálculos realizados

En esta parte, se encuentra la hoja de todos los cálculos que se necesitaron para poder elaborar la herramienta. Vale la pena aclarar que en el momento de ingresar una nueva exhibición sólo se van a ingresar datos en las casillas grises ya que las otras casillas cuentan con su respectiva fórmula que a medida que se van llenando las casillas grises se van obteniendo los resultados esperados para el cálculo de la Huella del Agua. El procedimiento que se explicará a continuación fue el que se realizó para el resto de las exhibiciones que se muestran en la hoja de Excel. Por último se explicará la forma de ingresar los datos para que en el momento en que el Zoológico desee abrir una nueva exhibición pueda tener de nuevo el cálculo de la Huella del Agua de la siguiente forma:

1. En la hoja de "CÁLCULOS REALIZADOS", en la casilla D83, se pone el nombre de la nueva exhibición.

2. En la casilla L83, se tiene que ingresar el tiempo de llenado del recipiente de 10 litros en segundos. Este recipiente hace referencia al utilizado en el método experimental que se realizó para calcular el agua usada y consumida para el lavado y mantenimiento de cada exhibición. (Ver: Levantamiento de datos para el cálculo del volumen de agua usada y consumida en el lavado y mantenimiento de cada exhibición (Método experimental)).

3. En la casilla N83, se tiene que ingresar el tiempo en segundos que se demora el operario realizando el lavado y el mantenimiento de la exhibición. Este tiempo debe ser tomado solo a los procesos relacionados con el recurso hídrico, es decir solo se contabiliza cuanto se demora con la llave abierta para realizar todo el proceso de lavado y mantenimiento de la exhibición. (Ver: Levantamiento de datos para el cálculo del volumen de agua usada y consumida en el lavado y mantenimiento de cada exhibición (Método experimental)).

4. En la casilla O83, se tiene que ingresar la medición del volumen en $m^3$ de la pileta y/o bebedero de la nueva exhibición. Para este valor se tiene que tener en

cuenta que se debe hacer una aproximación a una de las figuras conocidas debido a la irregularidad de la mayoría de piletas.

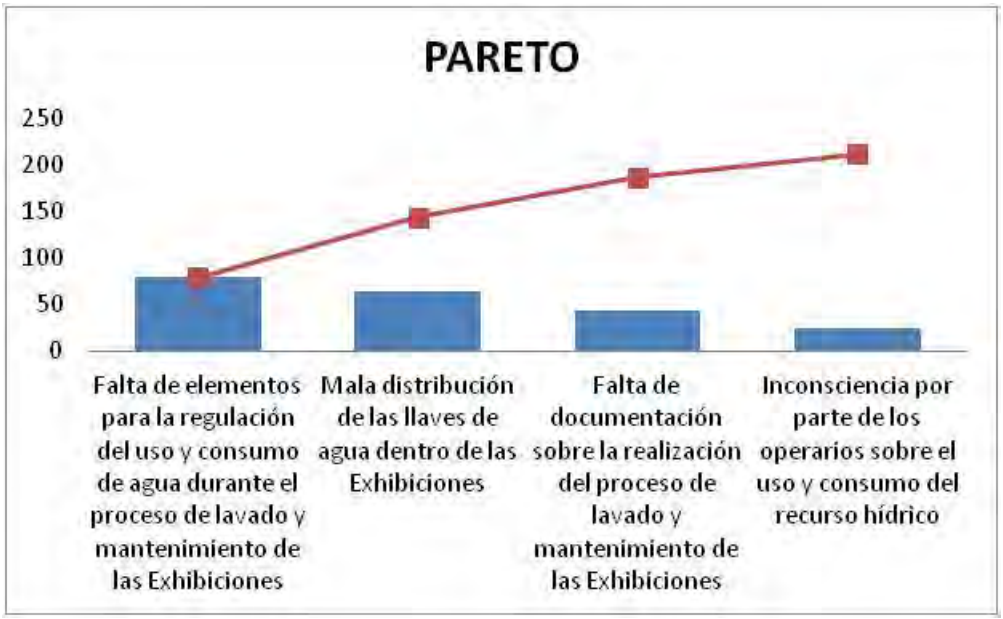
Para la ayuda de este cálculo, se ha diseñado una hoja llamada “PLANTILLA DE MEDICIONES”, en donde se presentan las tres formas más usadas para el cálculo de los volúmenes lo cual permite aproximar la forma de la nueva pileta. El usuario debe ingresar los datos en las casillas grises de acuerdo a las figuras seleccionadas, el total se dará automáticamente después que el usuario termine de ingresar todos los datos. Como las piletas son irregulares para poder calcular el volumen se tuvo por ejemplo que coger dos paralelepípedo y un cubo, se hicieron los respectivos cálculos y al final se sumaron los volúmenes totales de cada figura para obtener el volumen total de la pileta y/o bebedero.
En esta misma plantilla se tienen un convertidor de centímetros a metros por si el usuario lo requiere, ya que la respuesta final debe estar en metros cúbicos.

5. En la casilla P83, el usuario no tiene que ingresar ningún valor, ya que en la casilla se encuentra la fórmula que permite obtener el volumen de agua necesaria para el lavado y mantenimiento de la exhibición. Esta fórmula es una equivalencia que se interpreta de la siguiente manera, si el recipiente que tomamos como referencia para realizar la prueba experimental de 0,01 metros cúbicos (10 litros), se demora en llenar el tiempo que se ha ingresado en la casilla L83, ¿el tiempo en segundos de la casilla N83 que hace referencia al tiempo de lavado y mantenimiento de la exhibición a cuantos metros cúbicos de agua equivale? Finalmente tenemos como resultado los metros cúbicos de agua que se utilizan para el lavado y mantenimiento de la exhibición.

6. En la casilla Q83, el usuario no tiene que ingresar ningún valor ya que la casilla contiene la fórmula que permite obtener el desperdicio generado durante el proceso. El 20% que se asumió de desperdicio hace referencia al agua que se gasta cuando el operario deja la manguera de agua abierta sin darle ningún uso, lo cual se determinó mediante la realización de un pareto, ya que durante el proceso de lavado y mantenimiento de las exhibiciones se encontraron las siguientes causas: falta de elementos para la regulación del uso y consumo de agua durante el proceso de lavado y mantenimiento de las exhibiciones, mala distribución de las llaves de agua dentro de las exhibiciones, falta de documentación sobre la realización del proceso de lavado y mantenimiento de las exhibiciones e inconsciencia por parte de los operarios sobre el uso y consumo del recurso hídrico, todos estas causas contribuyen al problema que es el desperdicio de agua durante dicho proceso. Como se puede ver a continuación en el pareto, el 80% del problema (Desperdicio de agua) se genera por el 20% de las causas presentadas anteriormente, por lo tanto se asume un desperdicio del 20% durante el proceso de lavado y mantenimiento dentro de la Zona de Exhibiciones. La fórmula es el volumen de las piletas y/o bebederos más el volumen de agua utilizada para el

lavado y mantenimiento de la exhibición multiplicado por el 20%, con este proceso se obtiene automáticamente la cantidad de metros cúbicos que se desperdician.

Figura 10: Diagrama de pareto para el análisis del desperdicio de agua




7. En la casilla R83, se debe ingresar solamente el área de las exhibiciones que tengan pileta, en caso de que solamente tengan bebederos se debe dejar en cero ya que se desea obtener la cantidad de agua evaporada y en los bebederos se despreciaron para el desarrollo del cálculo, el área que se ingresa es utilizada para calcular el volumen de agua evaporada, ya que lo que se desea conocer es la cantidad de agua evaporada a nivel superficial**.**
El área será muy fácil de calcular, ya que solamente se le tiene que eliminar la profundidad al volumen de la pileta que se haya medido en la exhibición.

8. En la casilla S83 se calcula el volumen de agua evaporada, para esto el usuario no tiene que ingresar ningún valor ya que la casilla contiene la formula que generará el resultado. La fórmula es la multiplicación del área correspondiente a la pileta de la exhibición por 0,015 $m^3/m^2$, este valor se obtuvo de la siguiente manera: se realizó una prueba en una de las piletas, ésta prueba consistió en tomar la medida del volumen de agua inicial a las siete de la mañana, luego a las cinco de la tarde se volvió a medir con el fin de conocer la cantidad de agua evaporada durante ese lapso de tiempo a una temperatura promedio de 25°C, después de este proceso se tuvo que la cantidad de agua evaporada era de 1,5 cm (0,015m).

9. En la casilla T83, se tiene que ingresar el número de veces que se realiza el lavado y mantenimiento de la exhibición al mes, este dato lo suministra la persona encargada de Bienestar Animal, se debe tener en cuenta que este dato es dado en días a la semana, la conversión a meses se puede hacer en la "PLANTILLA DE MEDICIONES" en la que se encuentra el convertidor de días a meses.

Con los nueve pasos anteriormente explicados, el usuario tiene la posibilidad de conocer en la casilla U83 el volumen total de agua usada y consumida por la exhibición, la cual se sumará automáticamente al cálculo de la Huella del Agua.

Por otro lado la herramienta ofrece la oportunidad de agregar cinco exhibiciones nuevas siguiendo el mismo procedimiento y si se requieren agregar más exhibiciones, se deben insertar más filas y a las casillas en blanco se les debe copiar la fórmula de la casilla anterior.

### 7.1.5 Quinta parte: Resultados Huella del Agua

Ya teniendo ingresados todos los datos que la herramienta requiere, se puede tener finalmente los resultados de la Huella del Agua. Para comenzar se puede identificar claramente los tipos de agua que componen el resultado de la Huella del Agua los cuales están divididos de la siguiente manera:

- En primer lugar se encuentra el agua azul, que es el agua que viene de la planta de tratamiento o de EMCALI para los diferentes procesos que se llevan a cabo en cada una de las exhibiciones. Los parámetros asociados a este tipo de agua corresponden al volumen de agua para el llenado de las piletas y/o bebederos que para el caso actual da un total aproximado de 31.450 $m^3$/año, éste valor corresponde a la suma de todos los valores que se encuentran en la columna nombrada "Volumen de piletas y/o bebederos pero en $m^3$/mes" multiplicada por 12 para tener el volumen total anual. El volumen de agua para el lavado y mantenimiento de la exhibición tiene un valor aproximado de 9.358 $m^3$/año, éste valor corresponde a la suma de todos los valores que se encuentran en la columna llamada "Volumen de agua para mantenimiento en $m^3$/mes" multiplicada por 12 para tener este consumo de agua anual. Por último el porcentaje de desperdicio asumido que hace referencia al volumen de agua que se gasta cuando los operarios dejan la manguera abierta sin estar usándola, da un total aproximado de 8.161 $m^3$/año, éste valor corresponde a la suma de todos los valores de la columna llamada "Desperdicio 20% pero en $m^3$/mes" multiplicado por 12 para tener el valor total del desperdicio anual. Así finalmente se tiene el total de agua azul corresponde a la suma de los tres parámetros anteriores, dando como resultado un uso y consumo de agua total de 48.970 $m^3$/año.

- En segundo lugar se encuentra el agua verde, que hace referencia a la cantidad de agua evaporada en las piletas de las exhibiciones, la cual corresponde a un valor aproximado de 115,02 $m^3$/año, los cuales corresponden a la suma de todos los valores de la columna llamada "Volumen de agua evaporada" multiplicada por 12 para tener el valor total anual.

- Finalmente se tiene el agua residual, que corresponde al agua que sale del proceso de lavado y mantenimiento de las piletas y/o bebederos y de la exhibición en general, esta cantidad tiene un valor aproximado de 48.855 $m^3$/año, él cual corresponde al valor total del agua azul anteriormente explicada restada con el total de agua evaporada.

Teniendo los tres tipos de agua mostrados anteriormente, se muestra el total de la Huella del Agua de la Zona de Exhibiciones del Zoológico de Cali, que corresponde al total de agua usada y consumida por la Zona de Exhibiciones para prestar un servicio, que da como resultado 48.970,83 $m^3$/año en donde se encuentran los tres tipos de agua anteriormente explicados.

### 7.1.6 Sexta parte: Análisis de costos

En esta última parte se pueden ver todos los costos relacionados al total de uso y consumo de agua de la Zona de Exhibiciones correspondientes a las dos fuentes principales de suministro que son la planta de tratamiento y EMCALI.

Para esto se plantearon dos escenarios en los cuales se puede ver los costos asociados al uso y consumo de agua, en el primero se asume que el total agua usada y consumida fuera de EMCALI que era lo que anteriormente hacia el Zoológico y el segundo muestra el escenario actual, en donde los costos de uso y consumo de agua corresponden a la planta de tratamiento y EMCALI.

Estos resultados serán de gran importancia en el momento que Zoológico decida abrir una nueva exhibición ya que les servirá como indicador para ver que tanto aumentan los costos relacionados con el uso y consumo del recurso hídrico de la nueva exhibición y cómo se van a ver reflejado en sus costos anuales.

Finalmente, este análisis se realiza con el objetivo de conocer las ventajas y desventajas que tiene el proceso de suministro de agua a las Zonas de Exhibiciones, con lo que se generan una serie de propuestas de mejora y recomendaciones que permitirán desarrollar procesos ambientalmente sostenibles dentro de la Fundación Zoológica de Cali.

# 8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al obtener el cálculo de la Huella del Agua se realizó un análisis de costos que permite conocer los impactos económicos y ambientales, teniendo en cuenta el tipo de agua que abastece los procesos realizados en la Zona de Exhibiciones. Para esto es importante aclarar que la Huella del Agua mostrada a continuación involucra todos y cada uno de los procesos que requieren del recurso hídrico para el funcionamiento de la Zona de Exhibiciones y se encuentra compuesta por el agua suministrada de EMCALI y de la planta de tratamiento de la siguiente forma:

Tabla 1: Cantidad de agua suministrada por EMCALI y la planta de tratamiento

| USO Y CONSUMO DE AGUA | $m^3$/mes | $m^3$/año |
|---|---|---|
| Total de agua consumida en Zona de Exhibiciones | 4.080,90 | 48.970,83 |
| Cantidad de agua consumida de EMCALI | 1.200,90 | 14.410,83 |
| Cantidad de agua consumida de la planta | 2.880,00 | 34.560,00 |

Teniendo en cuenta lo anterior, para este análisis fue importante tomar los costos que maneja EMCALI, registrados en los recibos desde enero del 2010 hasta diciembre del 2011, los cuales se pueden observar detalladamente en el Anexo G, con esto se logró tomar la tarifa promedio que cobra EMCALI por $m^3$ de agua consumida al mes. Por otro lado se costearon los $m^3$ que provee la planta por medio del mantenimiento que se le hace a la misma, en donde se requieren dos operarios que barran una vez a la semana las impurezas que se encuentran en los tanques, aclarando que para este proceso no se necesita de ningún insumo, por lo tanto solo se tuvo en cuenta la mano de obra utilizada al mes, en donde se tomó el SMMLV por los días trabajados al mes y por el número de operarios necesarios para el proceso teniendo como resultado las siguientes tarifas:

Tabla 2: Tarifas de uso y consumo de agua

| TARIFAS DE AGUA ($m^3$) | Pesos/mes |
|---|---|
| Tarifa de agua por EMCALI | $ 1.254,19 |
| Costo de mantenimiento de la planta de tratamiento | $ 52,56 |

Con los datos anteriormente mostrados se realizó el análisis teniendo en cuenta los siguientes escenarios:

1. En primer lugar se muestra qué cantidad en dinero representa para la Fundación Zoológica de Cali usar y consumir toda el agua necesaria de EMCALI, en donde se tiene que el Zoológico pagaría un promedio de $61.418.722.29 al año por agua usada y consumida dentro de las Exhibiciones.

Tabla 3: Análisis de costos relacionados con el agua suministrada por EMCALI

| COSTOS DE AGUA EMCALI ($m^3$) | Pesos/mes | Peso/año |
|---|---|---|
| Costo de agua usada y consumida EMCALI | $1.506.159,66 | $ 18.073.915,89 |
| Costo de agua de la planta si fuera de EMCALI | $ 3.612.067,20 | $ 43.344.806,40 |
| **Valor Total del agua usada y consumida** | **$ 5.118.226,86** | **$ 61.418.722,29** |

2. En segundo lugar se realiza el costeo de lo que actualmente el Zoológico hace, en donde abastece la Zona de Exhibiciones con una cantidad de agua que entrega la planta de tratamiento teniendo en cuenta su capacidad y la otra que provee EMCALI, en donde se tiene que el Zoológico desde la construcción de la planta paga por el uso y consumo de agua un promedio de $19.890.235.89 al año.

Tabla 4: Análisis de costos relacionados con el agua suministrada por EMCALI y la planta de tratamiento

| COSTO DE AGUA EMCALI Y PLANTA ($m^3$) | Pesos/mes | Peso/año |
|---|---|---|
| Costo de agua usada y consumida EMCALI | $ 1.506.159,66 | $ 18.073.915,89 |
| Costo del agua usada y consumida de la planta | $ 151.360,00 | $ 1.816.320,00 |
| **Valor Total del agua usada y consumida** | **$ 1.657.519,66** | **$ 19.890.235,89** |

Con estos dos escenarios es posible ver que la construcción de la planta ha generado impactos positivos a nivel económico para la Fundación Zoológica de Cali, ya que ha generado un ahorro significativo aproximadamente de $41.528.486,40 al año, pero al mismo tiempo a generado un impacto ambiental ya que el agua que se trata en la planta proviene del Río Cali y desde el inicio hasta el final del proceso, el cual implica el vertimiento de aguas negras al Río Cali. Actualmente no se realizan procesos que disminuyan dicho impacto lo cual a largo plazo impediría el funcionamiento de la Fundación Zoológica de Cali y la certificación ambiental, debido al incumplimiento de parámetros que llegarían a generar procesos ambientalmente sostenibles.

# 9. PROPUESTAS DE MEJORA

Después de haber realizado todo el proceso anteriormente mostrado para la determinación de la Huella del Agua y de haber conocido claramente cada uno de los procesos relacionados con el uso y consumo del recurso hídrico, es posible generar propuestas de mejora que permitan que dichos procesos dentro de la Zona de Exhibiciones se realicen de forma eficiente, permitiendo con esto la disminución de impactos ambientales y al mismo tiempo el beneficio económico de la Fundación Zoológico de Cali, por lo tanto es importante implementar las siguientes propuestas de mejora:

✓ Uno de los parámetros determinantes dentro de la Huella del Agua, es la cantidad de agua utilizada para el lavado y mantenimiento de las exhibiciones y durante el análisis de cada una, se observó que el operario encargado de la labor al empezar el proceso abre la llave de agua ubicada generalmente dentro de la zona de alimentación del animal, lo cual se puede observar claramente en los ecomapas realizados para cada exhibición, ésta ubicación hace que los operarios en los momentos en los que no necesita agua no cierren la llave, ya que el solo hecho de ir y venir cada vez que se desea cerrar la llave les hace perder tiempo para la terminación del proceso, este evento así como se observó también fue posible escucharlo de alguno de los operarios que realizaban su labor durante el análisis del mismo.

Analizando detalladamente el evento explicado anteriormente y durante el proceso de elaboración de la Huella del Agua se observó que al desperdicio de agua que se genera en cada una de las exhibiciones es determinante para generar una disminución de la Huella del Agua, ya que en la actualidad se está generando un uso y consumo de agua anual de 48.970,83 $m^3$ dentro de lo cual 8.161.80 $m^3$ corresponden a el desperdicio generado dentro del proceso de lavado y mantenimiento de la exhibición lo que equivale a $10.236.447,94, para esto es importante que dentro del proceso se implementen medidas correctivas y preventivas que ayuden a disminuir el desperdicio al máximo, por lo tanto se propone que las mangueras que se utilizan para la realización del proceso tengan un llave tipo pistola, lo cual permitiría regular la salida de agua. Para esto es importante que se realice la siguiente inversión:

Tabla 5: Análisis de costos para propuestas de mejora

| | |
|---|---|
| **Número de mangueras** | 32 |
| **Número de llaves a comprar** | 32 |
| **Precio Unitario de la llave pistola metálica** | $ 8.900 |
| **Costo Total de la inversión** | $ 284.800 |

La llave se cotizó en el centro comercial Homecenter, la referencia es pistola tradicional ½ pulgada y la cantidad que se recomienda comprar es de 32 ya que ese es el número de mangueras que tienen en la actualidad dentro de la Zona de Exhibiciones, de igual forma se recomienda que para futuras inversiones se compre el paquete completo es decir la manguera y la llave tipo pistola al mismo tiempo. Hay que aclarar que con esta propuesta no se disminuiría del todo el desperdicio pero si se estarían realizado procesos eficientes en donde se obtendría los resultados esperados con la menor cantidad de recursos utilizados.

✓ Otro de los análisis realizados durante el desarrollo del proyecto dentro de cada exhibición, fue la utilización que se le da a las piletas, es decir que se verificó si todas las piletas eran necesarias para la supervivencia del los animales, con lo cual se encontró que las piletas que están en primates específicamente la del titi ardilla, mono araña, mono maicero-cariblanco y la del capuchino cariblanco son piletas con volúmenes considerables de agua, los cuales se pueden eliminar ya que no fueron elaboradas para la supervivencia del animal, sino para la ambientación del hábitat de cada una de las exhibiciones, hay que aclarar que esta propuesta se expone después de haber investigado que consecuencias trae la eliminación de las piletas para los animales y de haber hablado con el encargado de Bienestar Animal, quien se encuentra de acuerdo con la eliminación de dichas piletas, lo cual no contribuyen con el bienestar de los animales y que al mismo tiempo reduciría el uso y consumo del recurso hídrico.

Tabla 6: Cantidades de uso y consumo de agua en la Zona de Exhibiciones

| USO Y CONSUMO DE AGUA ACTUAL | $m^3$/mes | $m^3$/año |
|---|---|---|
| Total de agua consumida en Zona de Exhibiciones | 4.080,90 | **48.971,83** |

Tabla 7: Reducción de uso y consumo de agua en la Zona de Exhibiciones

| USO Y CONSUMO DE AGUA CON ELIMINACIÓN DE PILETAS | $m^3$/mes | $m^3$/año |
|---|---|---|
| Total de agua consumida en Zona de Exhibiciones | 4.003,99 | **48.047,88** |

Al eliminar estas cuatro piletas se generaría un ahorro anual de ***922.95 $m^3$***.

Estas propuestas son viables, ya que no requieren de inversiones altas para la realización de las mismas y al mismo tiempo contribuyen a la diminución de los impactos ambientales y económicos que actualmente se están generando dentro de las Zonas de exhibición del Zoológico de Cali.

## 10. RECOMENDACIONES

- ✓ Teniendo en cuenta el análisis realizado al resultado de la Huella de Agua, es recomendable que el Zoológico evalué la opción de ampliar o de reconstruir la planta de tratamiento de forma autosuficiente, lo cual implica tener en cuenta la necesidad de consumo hídrico que se tiene en la Zona de Exhibiciones para cumplir con dicha necesidad. Al realizar esta inversión se generaría un ahorro de $17.316.546,84 al año, aclarando que dentro de este análisis se desprecia la inversión inicial de la planta y los gastos que ésta puede generar. Del ahorro que se habla es de la cantidad de dinero que dejaría de pagar el Zoológico a EMCALI por el uso y consumo de agua al año dentro de las Zonas de Exhibiciones y que podría invertirse en procesos de mejoramiento para la planta de tratamiento y para el cumplimiento de normas ambientales.

  Se debe tener presente a la hora de evaluar esta opción, la realización de un sistema que permita el tratamiento adecuado del agua para el uso y consumo y el vertimiento de la misma al final del proceso, es decir que dentro del proyecto se debe tener en cuenta el tratamiento de agua residuales, para esto se puede optar por la reutilización del agua permitiendo realizar el cierre de un ciclo industrial, donde los residuos generados al final del proceso se conviertan de nuevo en materias primas o el vertimiento de la misma al Rio Cali teniendo en cuenta el cumplimiento de todos los parámetros estipulados dentro del marco legal.

- ✓ La Fundación Zoológica de Cali también puede evaluar la opción de cerrar la planta de tratamiento de agua y suministrar el agua necesaria para la Zona de Exhibiciones por medio de EMCALI y al final del proceso garantizar el manejo del agua para el vertimiento al Río Cali mediante la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales, con esta opción se reducirían significativamente los impactos ambientales ya que de alguna u otra forma el solo hecho de extraer agua del Río Cali genera impacto ambiental.

  Para realizar esta recomendación se deben evaluar el costo de uso y consumo de agua que aproximadamente seria de $61.418.722,29 anuales con una tarifa promedio de consumo al mes por parte de EMCALI de $1.254.19 y un uso y consumo de agua anual de 48.970,83 $m^3$ más la evaluación de la instalación y el mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, hay que aclarar que esta opción es mucha más costosa pero garantiza más el desarrollo de procesos ambientalmente sostenibles a largo plazo.

- ✓ Debido a que las aguas residuales generadas al final del proceso contienen excrementos y residuos orgánicos provenientes de los animales, sería

recomendable realizar un proceso productivo con estos residuos, por esto se recomienda realizar un sistema que permita la recolección de dichos residuos con el fin de producir compost, que podría ser utilizado en el vivero y los jardines que se encuentran dentro del Zoológico, reduciendo con esto los costos de mantenimiento (Fertilizantes, abono, etc.), mediante un sistema autosuficiente que permita a largo plazo la realización de procesos ambientalmente sostenibles disminuyendo al mismo tiempo los impactos ambientales y económicos.

- ✓ Una recomendación para el Zoológico, es que a largo plazo utilice medios mecánicos para realizar el lavado y el mantenimiento de las exhibiciones, es decir que inviertan en hidrolavadoras que son equipos que están diseñados para facilitar las labores de aseo y mantenimiento, los cuales permiten sacar agua a grandes presiones lo cual hace más rápido y eficiente la labor, reemplazando con esto las mangueras que actualmente se están utilizando. Por otro lado la presión de agua que genera este equipo ayuda al desprendimiento rápido y fácil de todos residuos, de igual forma esto ayudará mucho a reducir el tiempo de lavado y mantenimiento de cada exhibición y también a disminuir el uso y consumo de agua, logrando con esto la disminución del desperdicio de agua. Se recomienda que sea una referencia Hidrolavadora HD 9/18-4 M, ya que es una de la que más se ajusta a las condiciones de terreno del Zoológico.

- ✓ Es recomendable que para los operarios que desempeñan los procesos dentro de la Zona de Exhibiciones se realicen campañas de concientización sobre el manejo adecuado de la materia prima dentro de las cuales se encuentra el recurso hídrico, también es importante que estos se involucren y que tengan conocimiento sobre los procesos de mejoramiento que se estén realizando para que contribuyan al desarrollo de los mismos. Se plantea esta recomendación ya que durante el desarrollo del proyecto se observó que la gran mayoría de los operarios desconocen que con la colaboración de ellos podrían portar al desarrollo de procesos de mejoramiento, como por ejemplo el ahorro de agua durante el lavado y mantenimiento de cada exhibición, lo cual ayudaría a reducir los impactos tanto ambientales como económicos. Es de saber que los operarios no se encuentran afectados directamente por estos impactos y es por eso que no contribuyen en la actualidad a la disminución de éstos, pero de involucrarlos se generaría sentido de pertenencia ante la Fundación Zoológica de Cali, permitiendo la contribución de cada uno de ellos.

## 11. CONCLUSIONES

- ✓ Teniendo los volúmenes de agua correspondientes al uso y consumo de cada una de las exhibiciones, se elaboró una gráfica en donde se seleccionaron las 5 exhibiciones con mayores consumos, las cuales se muestran a continuación:

Figura 11: Exhibiciones con mayor uso y consumo de agua

Como se puede ver en la gráfica, la exhibición que presenta el mayor consumo de recurso hídrico es la de los chigüiros con 595,93 $m^3$ al mes, los cuales se sustentan en la manera como éstos animales utilizan este recurso. La pileta de esta exhibición es una de las que tienen mayor volumen, además es importante aclarar que el agua para ellos es fundamental para su supervivencia ya que su hábitat natural se encuentra situado cerca a lagos, ríos o manglares. Son animales parcialmente acuáticos ya que pasan la mayor parte del día en agujeros, en barro o dentro de las aguas. Pueden bucear y permanecer bajo el agua hasta cinco minutos, son capaces de nadar con todo el cuerpo sumergido excepto las orejas, los orificios nasales y los ojos.[4]. Por otro lado, ellos depositan sus excretas en el agua lo cual hace que se tenga que realizar a diario el lavado de la pileta. En esta exhibición no se pueden realizar cambios en cuanto al volumen de la pileta, ya que las necesidades del animal requieren que la pileta mantenga la profundidad que en la actualidad tiene.

4 http://es.wikipedia.org/wiki/Hydrochoerus_hydrochaeris

- ✓ Durante el desarrollo del proyecto fue posible conocer en realidad como se debe trabajar en equipo para el cumplimiento de unos objetivos en común, con lo cual cada una de las encargadas del proyecto resalto sus cocimientos y habilidades, permitiendo así el desarrollo adecuado del mismo. Por otro lado hay que resaltar que se aprendió a trabajar bajo presión y adaptarse rápidamente a los cambios, debido a que la realización de las actividades no siempre se podían hacer en los tiempos acordados, esto debido a que la Fundación Zoológica de Cali cuenta con procesos muy variables que en ocasiones impedían el desarrollo de las actividades, pero de alguna u otra forma siempre se estuvo al día con el cronograma de trabajo debido a la proactividad y organización que se tuvo como equipo, lo cual finalmente permitió la entrega oportuna y exitosa del proyecto.

- ✓ Por medio de los recorridos realizados en la Zona de exhibiciones, fue posible elaborar los diferentes diagramas de flujo relacionados con cada uno de los procesos y procedimientos que se relacionan con el uso y consumo hídrico, los cuales serán de gran utilidad para el Zoológico de Cali, permitiendo tener un control más estricto de las tareas que se realizan en cada exhibiciones relacionadas con el recurso hídrico.

- ✓ En el desarrollo del proyecto se presentaron una serie de limitaciones y obstáculos como: la falta de disponibilidad de tiempo por parte de las personas encargadas de suministrar la información necesaria, la falta de documentación de la gran mayoría de los datos que se requerían, lo que en ocasiones no aseguraba la veracidad sobre la información suministrada debido a que la Fundación Zoológica de Cali no cuenta con registros pertinentes de cada uno de sus procesos, por último se tuvieron limitaciones para algunas mediciones como la del agua evaporada ya que se requería de un evaporímetro y por aspectos económicos se tuvo que realizar la medición mediante el método experimental explicado dentro de la metodología.

- ✓ Es importante que el Zoológico de Cali implemente esta metodología para el desarrollo de la Huella del Agua en la Zona Administrativa, lo cual permitiría conocer realmente el uso y consumo de agua en toda la Fundación, con lo que finamente se podrá realizar un sistema de gestión ambiental integrado que permita el manejo adecuado del recurso hídrico, buscando mejorar el aspecto económico bajo el concepto de sostenibilidad ambiental.

- ✓ En el desarrollo de este proyecto de la Huella del Agua se aplicaron diferentes conceptos y herramientas de la ingeniería industrial. Se realizó un análisis de los procesos y procedimientos relacionados con el recurso hídrico en todas las exhibiciones, se realizaron tomas de tiempos en el proceso de lavado y mantenimiento de las exhibiciones, se elaboraron ecomapas hídricos de cada exhibición, se crearon diagramas de los procesos relacionados con el recurso hídrico de las exhibiciones, con lo cual se realizó una metodología para el levantamiento de los datos, la validación y el análisis de los mismos y finalmente se realizó la adaptación de la Huella del Agua a los procesos realizados en el Zoológico de Cali.

## 12. BIBLIOGRAFÍA


HUELLA HÍDRICA. Definición de huella hídrica. [En línea]. <http://www.huellahidrica.org/index.php?page=files/home>. [Citado en 3 octubre de 2011].

R. Rodríguez Casado, A. Garrido, M. R. Llamas y C. Varela – Ortega. La huella hidrológica de la agricultura española. [En línea]. < http://www.huellahidrica.org/Reports/Rodriguez_et%20al_2008.pdf>. [Citado en octubre 3 de 2011].

AGUA VIRTUAL. Definición de agua virtual. [En línea]. <http://www.huellahidrica.org/Reports/Rodriguez_et%20al_2008.pdf >. [Citado en octubre 5 de 2011].

SEMINARIO“CAMBIO CLIMÁTICO, IMPACTOS Y OPORTUNIDADES EN EL SECTOR SILVOAGROPECUARIO. Huella del agua. [En línea]. < http://www.inia.cl/medios/Noticias/HuelladelAgua.pdf>. [Citado en octubre 8 de 2011].

WAZA. Misión de WAZA. [En línea]. <http://www.waza.org/es/site/intro-waza>[Citado en 22 octubre 2011].

Romero, A. (2010). Contaminación ambiental y calentamiento global. México: Editorial Trillas.

DESARROLLO SOSTENIBLE. Definición Desarrollo Sostenible. [En línea]. <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/14PolEcSoc/140DesSost.htm>. [Citado en Octubre17 del 2011].

HUELLA ECOLÓGICA: EL PESO DE NUESTROS PIES SOBRE EL PLANETA. Definición de la huella ecológica. [En línea]. <http://www.uprm.edu/aceer/pdfs/huellaecologica.pdf>[Citado en Octubre17 del 2011].

ORIENTACIÓN SOBRE EL CONCEPTO Y USO DEL “ENFOQUE BASADO EN PROCESOS PARA LOS SISTEMAS DE GESTIÓN”. Definición de proceso. [En línea]. http://arpcalidad.com/wp-content/uploads/2010/05/Orientaci%C3%B3n-sobre-el-concepto-y-uso-del-enfoque-basado-en-procesos.pdf. [Citado en Noviembre 05 del 2011].

HUELLA ECOLOGICA. Definición Huella Ecológica. [En línea]. <http://www.aranjuezcultural.es/docdow.php?id=28>. [Citado en Octubre 15 del 2011].

ECOEFICIENCIA. Definición de Ecoeficiencia. [En línea]. <http://www.forumambiental.org/pdf/guiacast.pdf>. [Citado en Octubre 17 del 2011].

## ANEXOS

Anexo A: Matriz de marco lógico

Objetivo específico 1

| **Identificar y recopilar información de los procesos y procedimientos en cada una de las Zonas de Exhibiciones, reconociendo la importancia del uso y consumo del recurso hídrico.** | | | |
|---|---|---|---|
| **Actividades** | **Indicadores** | **Medios de verificación** | **Plan de Contingencia** |
| Recorrido Zona 1 y medición de las piletas y/o bebederos. (Aviario, aves y flamencos) | Exhibiciones identificadas por zona. 1. Si / 2. No | Acta del recorrido al Zoológico. Fotos, video y documentación. | |
| Recorrido Zona 2 y medición de las piletas y/o bebederos. (Primates, pitón, emú, antílope, cocodrilo-babillas) | Exhibiciones identificadas por zona. 1. Si / 2. No | Acta del recorrido al Zoológico. Fotos, video y documentación. | |
| Recorrido Zona 3 y medición de las piletas y/o bebederos. (Serpientes, avestruz, suricatas, cebras, oso pardo, nutria pequeña) | Exhibiciones identificadas por zona. 1. Si / 2. No | Acta del recorrido al Zoológico. Fotos, video y documentación. | |
| Recorrido Zona 4 y medición de las piletas y/o bebederos. (Mariposario, oso de anteojos, jaguar, oso negro, león tatabro chigüiro, venados, búhos) | Exhibiciones identificadas por zona. 1. Si / 2. No | Acta del recorrido al Zoológico. Fotos, video y documentación. | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Recorrido Zona 5 y medición de las piletas y/o bebederos. (Puma, llamas, tigre, papión, oso hormiguero titíes, cusumbo, nutria gigante y lémures) | Exhibiciones identificadas por zona. 1. Si / 2. No | Acta del recorrido al Zoológico. Fotos, video y documentación. | |
| Recorrido Zona 6 y medición de las piletas y/o bebederos. (Ranas y tortugas) | Exhibiciones identificadas por zona. 1. Si / 2. No | Acta del recorrido al Zoológico. Fotos, video y documentación. | |
| Recorrido Zona 7 y medición de las piletas y/o bebederos. (Tortugas, lobo pollero, anaconda, danta, zorro, nutria gigante, mono aullador, canguro y danta de páramo) | Exhibiciones identificadas por zona. 1. Si / 2. No | Acta del recorrido al Zoológico. Fotos, video y documentación. | |
| Validación de datos y registros obtenidos referentes al uso y consumo del recurso hídrico. | Información validada 1. Si / 2. No | Informe PDG II | |

Objetivo específico 2

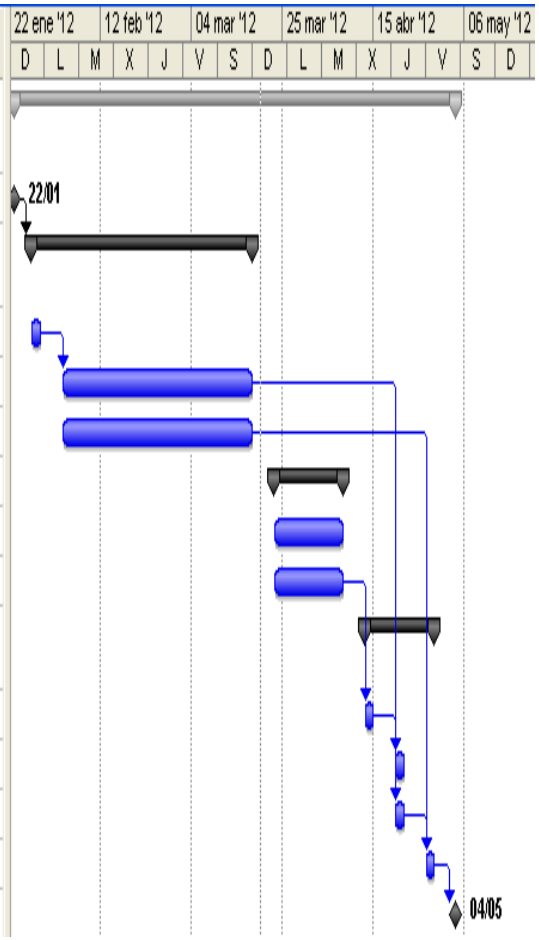
| **Elaborar la herramienta para la determinación de la Huella del Agua en la Zona de Exhibiciones.** | | | |
|---|---|---|---|
| **Actividades** | **Indicadores** | **Medios de verificación** | **Plan de contingencia** |
| Adaptación de la herramienta de la Huella del agua a los procesos y procedimientos del Zoológico. | Adaptación de la herramienta<br>1. Si / 2. No | Informe PDG II<br>Herramienta en Excel | |
| Desarrollo de la metodología para la determinación de la Huella del agua. | Desarrollo de la metodología para la herramienta.<br>1. Si / 2. No | Informe PDG II<br>Herramienta en Excel | |
| Validación de la metodología realizada. | Validación<br>1. Si / 2. No | Informe PDG II<br>Herramienta en Excel | |
| Evaluación de la herramienta desarrollada. | Evaluación<br>1. Si / 2. No | Informe PDG II<br>Herramienta en Excel | |

Objetivo específico 3

| **Analizar los resultados obtenidos mediante la determinación de la Huella del Agua en la Zona de Exhibiciones y generar propuestas de mejora.** | | | |
|---|---|---|---|
| **Actividades** | **Indicadores** | **Medios de verificación** | **Plan de contingencia** |
| Analizar el valor obtenido del cálculo de la Huella del agua. | Análisis del valor obtenido<br>1. Si / 2. No | Informe PDG II | |
| Elaboración de propuestas y recomendaciones al Zoológico. | Planteamiento de propuestas y recomendaciones.<br>1. Si / 2. No | Informe PDG II | |
| Validación de propuestas y recomendaciones por parte de la tutora temática. | Validación de propuestas y recomendaciones.<br>1. Si / 2. No | Informe PDG II | |
| Entrega de propuestas y recomendaciones al Zoológico de Cali. | Entrega y retroalimentación<br>1. Si / 2. No | Informe PDG II | |

Anexo B: Cronograma de actividades

| Nombre de tarea | Duración |
|---|---|
| **METODOLOGÌA PARA LA DETERMINACIÒN DE LA HUELLA DEL AGUA EN EL ZOOLÒGICO DE CALI (ÀREA DE EXHIBICIONES)** | **14 sem.** |
| Inicio | 0 días |
| **Identificar y recopilar información de los procesos y procedimientos en cada una de las areas de exhibiciones, reconociendo la importancia del uso y consumo del recurso hídrico.** | **8 sem.** |
| Recorrido para la identificación de las zonas de exhibiciones. | 1 sem |
| Toma de medidas de piletas y/o bebederos y registro fotografico en las zonas de exhibiciones. | 7 sem. |
| Clasificación de datos y actualización semanal del documento final. | 7 sem. |
| **Elaborar la herramienta para la determinación de la Huella del agua en el área de exhibiciones.** | **3 sem.** |
| Desarrollo de la herramienta par el calculo de la Huella del agua. | 3 sem. |
| Validación de la herramienta por parte del tutor tematico. | 3 sem. |
| **Analizar los resultados obtenidos mediante la determinación de la Huella del agua en el área de exhibiciones y generar propuestas de mejora.** | **3 sem.** |
| Analizar el valor obtenido del calculo de la Huella del agua. | 1 sem |
| Elaboración de propuestas y recomendaciones. | 1 sem |
| Validación de propuestas y recomendaciones por parte de la tutora tematica. | 1 sem |
| Entrega al Zoológico de los calculos obtenidos y de las de propuestas y recomendaciones. | 1 sem |
| Fin | 0 sem. |



Anexo C: Zonas de trabajo

| | Animal |
|---|---|
| **ZONA 1** | Aviario |
| | Águila real de montaña |
| | Pico de plata |
| | Tucán |
| | Cóndor de los andes |
| | Rey de los gallinazos |
| | Guacamaya roja con verde |
| | Guacamaya bandera |
| | Guacamaya cariseca |
| | Guacamaya verde limón |
| | Loros |
| | Flamencos rosados |

| | Animal |
|---|---|
| **ZONA 2** | Titi ardilla |
| | Mono araña |
| | Mono maicero- cariblanco |
| | Churuco o mico lanudo |
| | Maicero carinegro |
| | Capuchino cariblanco |
| | Pitón tigrina |
| | Emú |
| | Antílope negro de la india |
| | Cocodrilo del magdalena |
| | Tortuga morrocoy de patas amarillas |
| | Caimán común o babilla |

| | Animal |
|---|---|
| **ZONA 3** | Cascabel |
| | Equis o mapaná |
| | Equis roja cachetona |
| | Toche azotadora |
| | Boa chocolate |
| | Falsa coral |
| | Puercoespín |
| | Lagarto |
| | Toche a azotadera |
| | Avestruz |
| | Suricata |
| | Cebras comunes |
| | Oso pardo |
| | Nutria pequeña de rio |

| | Animal |
|---|---|
| **ZONA 4** | Mariposario |
| | Oso de anteojos |
| | Jaguar o tigre mariposa |
| | Oso negro americano |
| | León |
| | Tatabro o pecarí de collar |
| | Chigüiro |
| | Venado de cola blanca |
| | Lechuza de campanario |
| | Búho rayado |
| | Búho de anteojos |
| | Búho orejudo |

| | Animal |
|---|---|
| ZONA 5 | Puma o león americano |
| | Llama |
| | Tigre |
| | Venado soche |
| | Papión |
| | Oso hormiguero |
| | Titi gris |
| | Titi león |
| | Titi bebeleche |
| | Titi de cabeza blanca |
| | Cusumbo o coatí |
| | Nutria gigante de rio |
| | Lémures |

| | Animal |
|---|---|
| ZONA 6 | Rana venenosa de Nariño |
| | Rana venenosa de lehmann |
| | Rana venenosa kokoe |
| | Rana venenosa negra y amarilla |
| | Rana venenosa payasita |
| | Sapito de bosque |
| | Rana común del pacifico |
| | Rana dorada |
| | Rana arborícola verde |
| | Tortuga cabeza de cinta |
| | Tortuga ingüensa o lapa |
| | Tortuga |

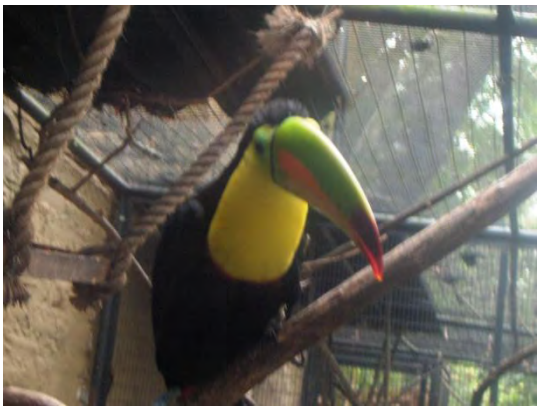
| | Animal |
|---|---|
| ZONA7 | Garzón soldado |
| | Danta o tapir |
| | Zorro cañero o cangrejero |
| | Nutria gigante de rio |
| | Mono aullador rojo |
| | Canguro de bennet |
| | Danta de paramo |
| | Lobo pollero o caripiari |
| | Tortuga charapa o terecay |
| | Anaconda |
| | Tortuga morrocoy de patas rojas |

Anexo D: Registro fotográfico de las áreas de exhibiciones.

**Zona1.**

Aviario

Tucán



Águila real de montaña

Cóndor de los Andes

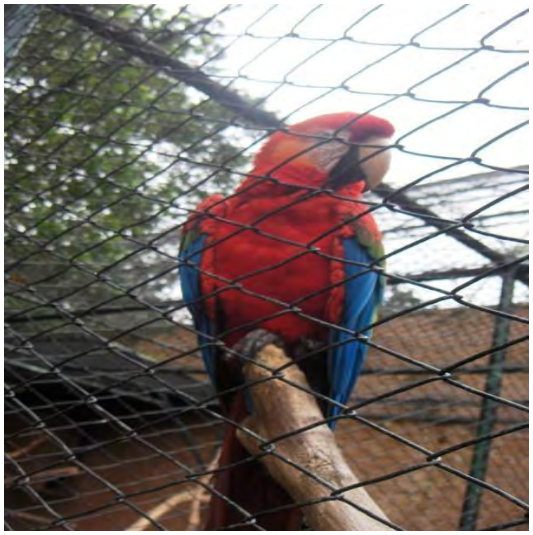
Pico de plata

Rey de los gallinazos

Guacamaya roja con verde

Guacamaya verde limón

Guacamaya bandera



Loros

Guacamaya cariseca

Lago flamencos rosados

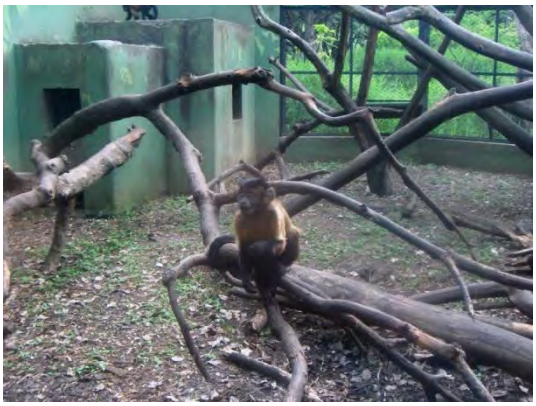
**Zona 2.**

Titi ardilla

Churuco o mico lanudo

Mono araña

Maicero carinegro



Mono maicero-cariblanco

Capuchino cariblanco

Pitón tigrina

Cocodrilo del Magdalena

Emú

Tortuga morrocoy de patas amarillas

Antílope negro de la india

Caimán común o babilla

**Zona 3.**

Cascabel

Falsa coral

Equis o mapaná

Boa chocolate o arcoíris

Equis roja cachetona

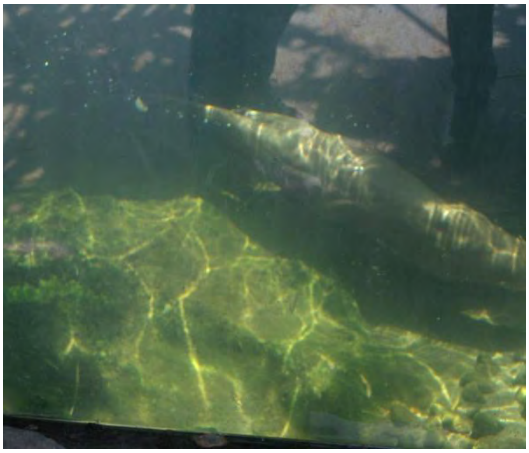
Toche o azotadora

Avestruz

Oso pardo

Suricata

Nutria pequeña de río



Cebra común

**Zona 4.**

Mariposario

Oso negro americano

Oso de anteojos

León

Jaguar o tigre mariposa

Tatabro o pecarí de collar

Chigüiro

Búho rayado

Venado de cola blanca

Búho de anteojos

Lechuza de campanario

Búho orejudo

**Zona 5.**

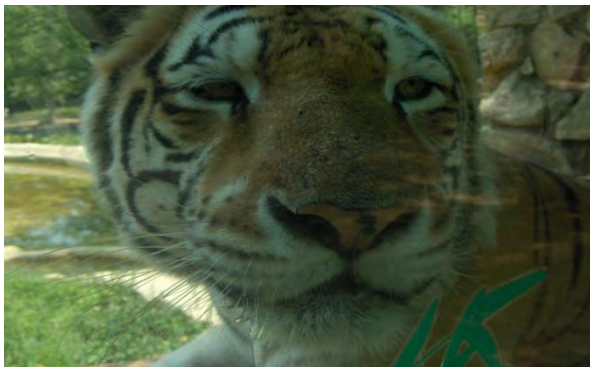
Puma o león americano

Venado soche

Llama

Papión

Tigre



Oso hormiguero

Titi gris

Titi de cabeza blanca

Titi león

Cusumbo o coati

Titi bebeleche

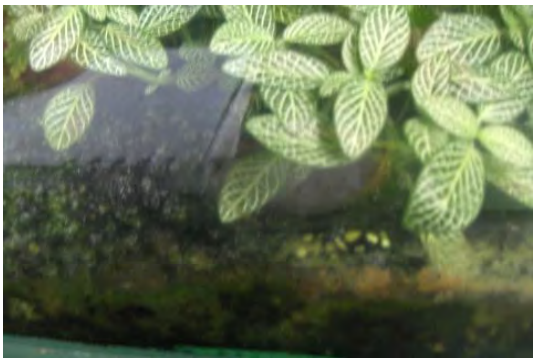
Nutria gigante de rio

Lémures

**Zona 6.**

Rana venenosa de Nariño

Rana venenosa negra y amarilla



Rana venenosa de lehmann

Rana venenosa payasita

Rana venenosa kokoe

Sapito de bosque

Rana común del pacifico

Tortuga cabeza de cinta

Rana dorada

Lobo pollero o caripiari

Rana arborícola verde

**Zona 7.**

Garzón soldado

Nutria gigante de rio

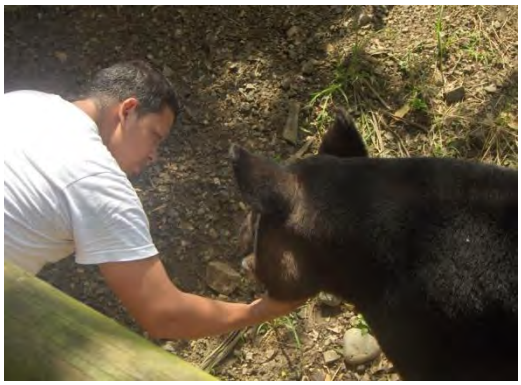
Danta o tapir

Mono aullador rojo

Zorro cañero o cangrejero

Canguro de bennet

Danta de páramo

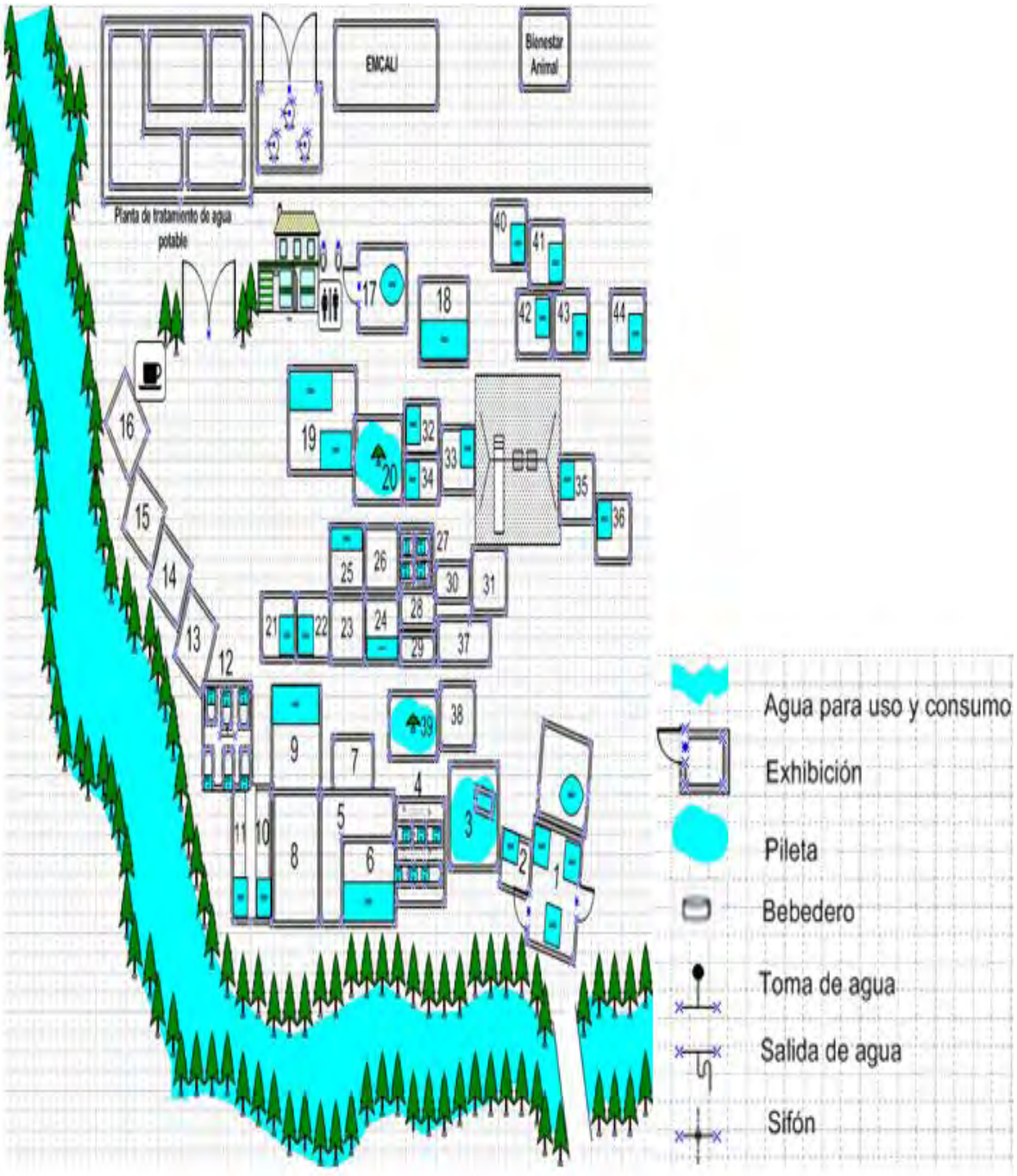


Anaconda

Tortuga morrocoy de patas rojas

Anexo E: Ecomapas de las Zonas de Exhibiciones.

Ecomapa general del Zoológico de Cali



Identificación de cada una de las exhibiciones según su ítem.

| | |
|---|---|
| 1 | AVIARIO |
| 2 | CÓNDOR |
| 3 | FLAMENCOS |
| 4 | PRIMATES |
| 5 | EMÚ |
| 6 | PITÓN |
| 7 | TORTUGAS |
| 8 | ANTILOPES |
| 9 | ANANCONDA |
| 10 | COCODRILOS |
| 11 | BABILLAS |
| 12 | SERPENTARIO |

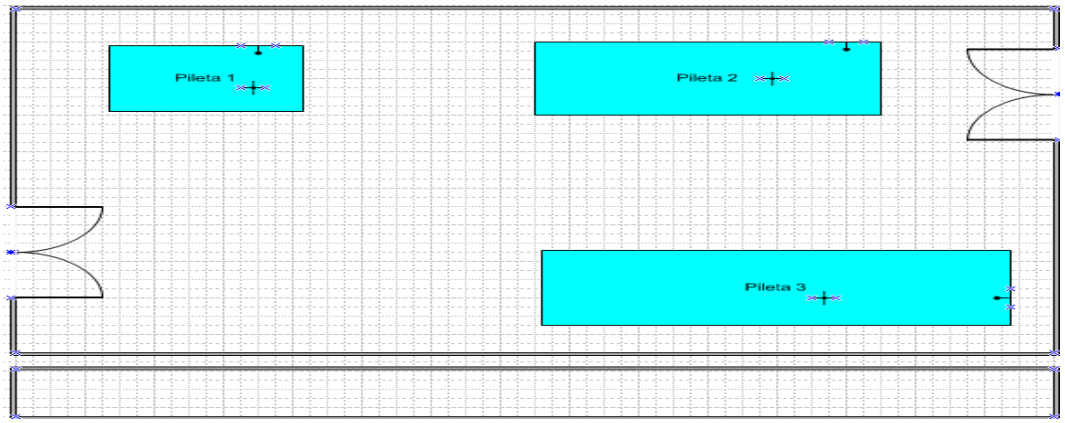
| | |
|---|---|
| 13 | RANAS |
| 14 | AVESTRUZ |
| 15 | SURICATAS |
| 16 | CEBRAS |
| 17 | OSO PARDO |
| 18 | NUTRIA PEQUENA DE RÍO |
| 19 | MARIPOSARIO |
| 20 | LÉMUR |
| 21 | DANTA DE RÍO |
| 22 | GARZÓN SOLDADO |

| | |
|---|---|
| 23 | ZORRO |
| 24 | NUTRIA GRANDE 1 |
| 25 | NUTRIA GRANDE 2 |
| 26 | CUSUMBO |
| 27 | TITIES |
| 28 | CAMGURO |
| 29 | OSO HORMIGUERO 1 |
| 30 | OSO HORMIGUERO 2 |
| 31 | VENADO |
| 32 | OSO DE ANTEOJOS |
| 33 | LEÓN |

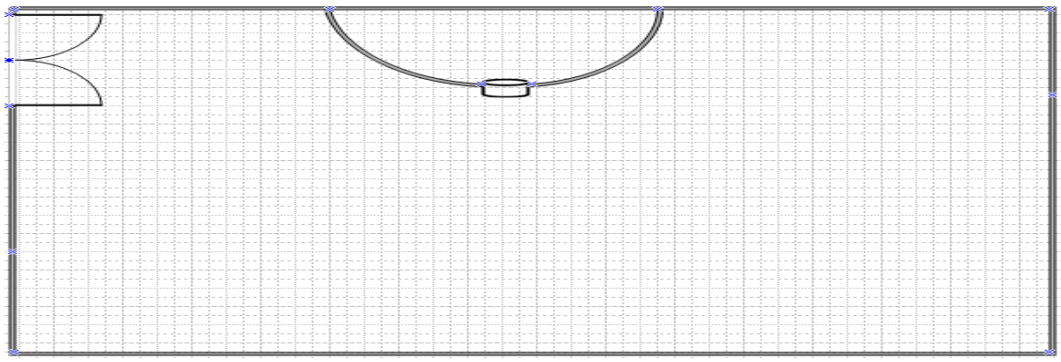
| | |
|---|---|
| 34 | PAPIÓN |
| 35 | TIGRES |
| 36 | PUMAS |
| 37 | LLAMAS |
| 38 | DANTA PÁRAMO |
| 39 | MONO AULLADOR |
| 40 | JAGUAR |
| 41 | OSO AMERICANO |
| 42 | TATABROS |
| 43 | CHIGÜIROS |
| 44 | VENADO DE COLA BLANCA |

Ecomapa zona 1

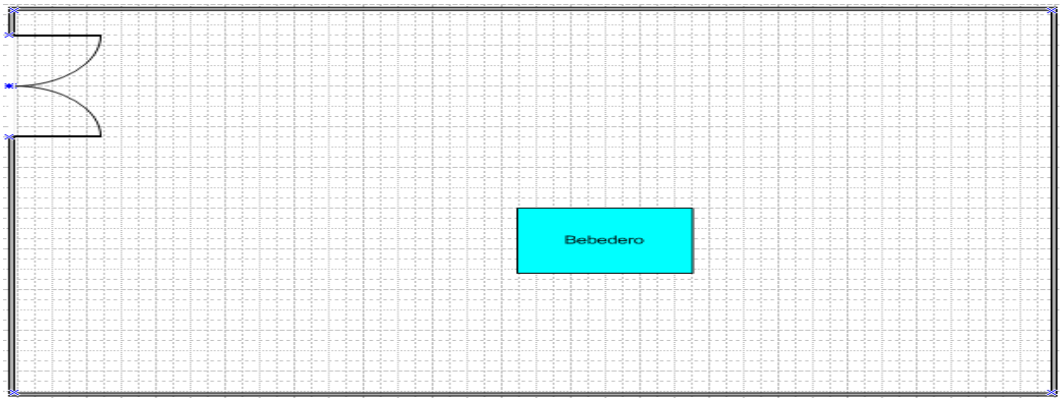
Aviario



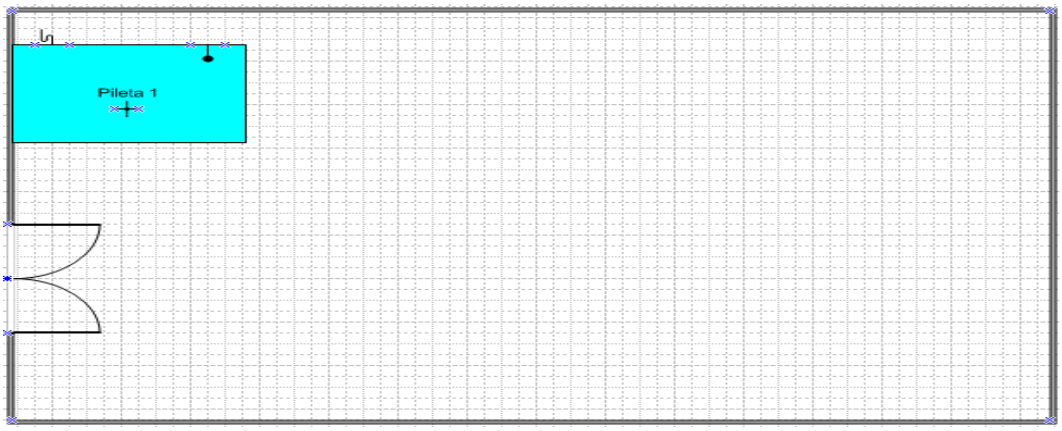

Tucán



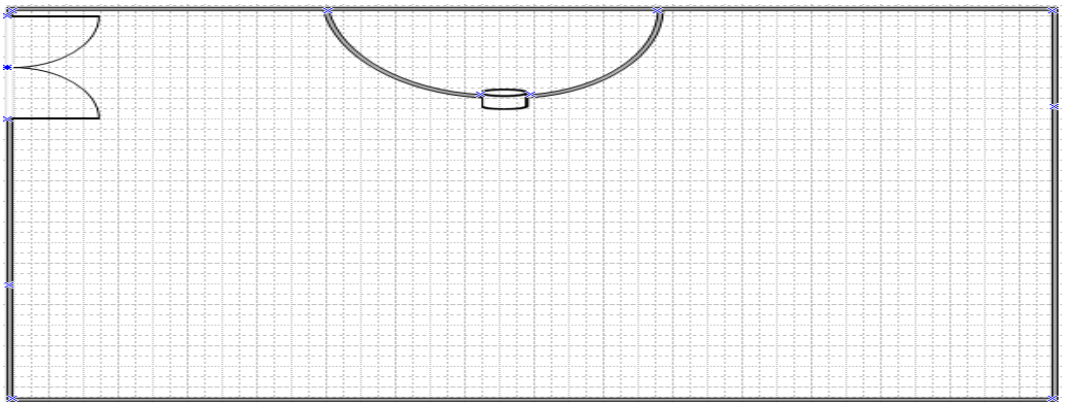
Águila real de montaña



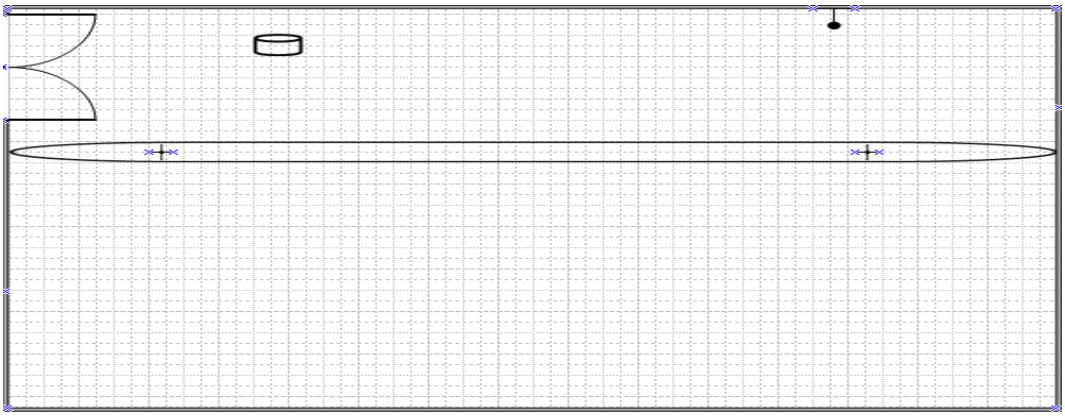
Cóndor de los andes



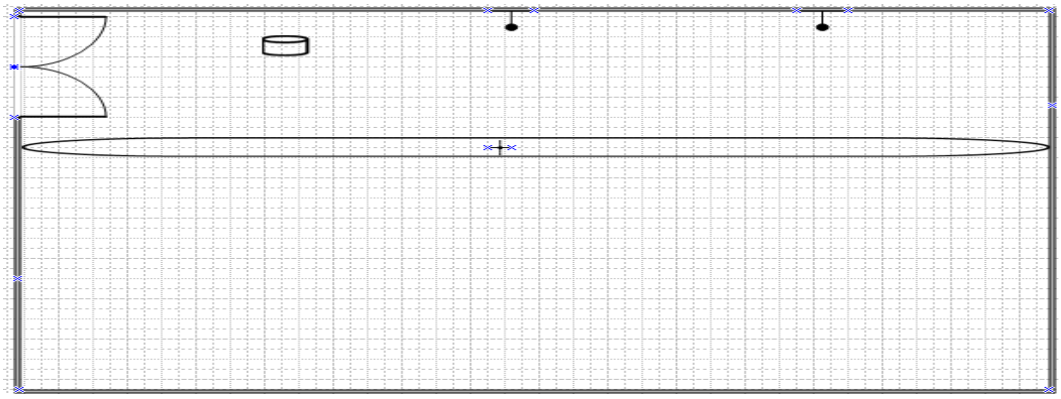

Pico de plata



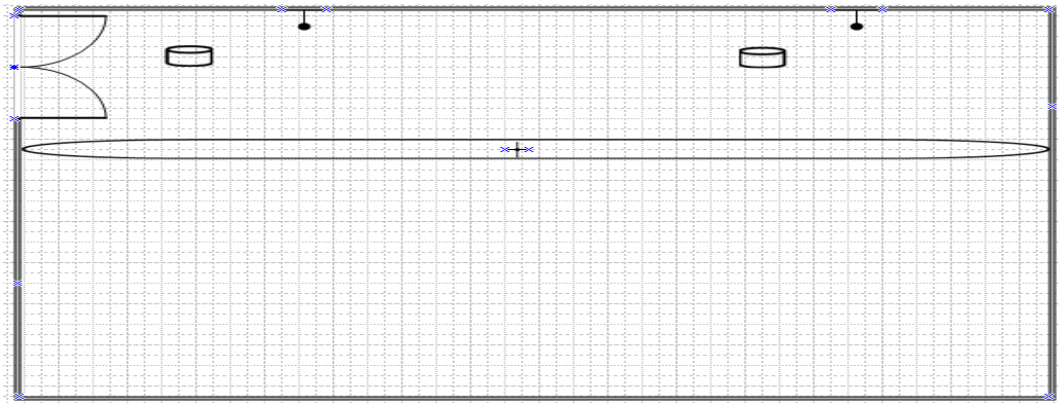
Rey de gallinazos



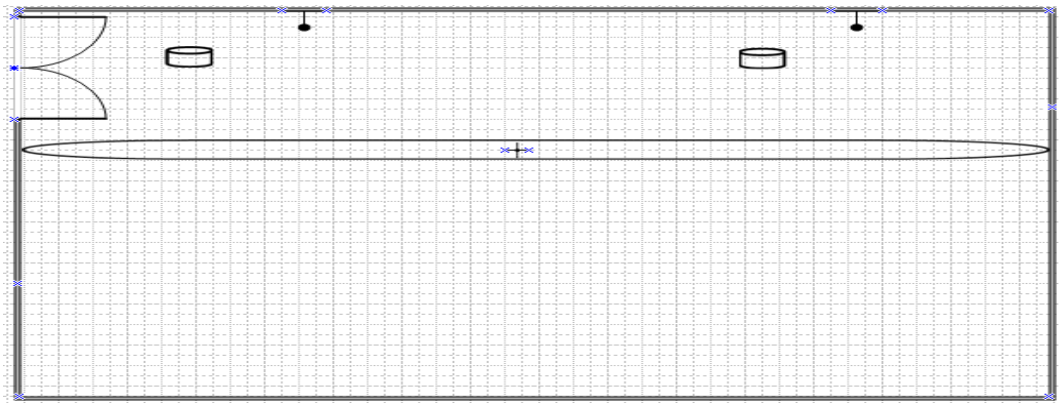
Guacamaya verde con roja



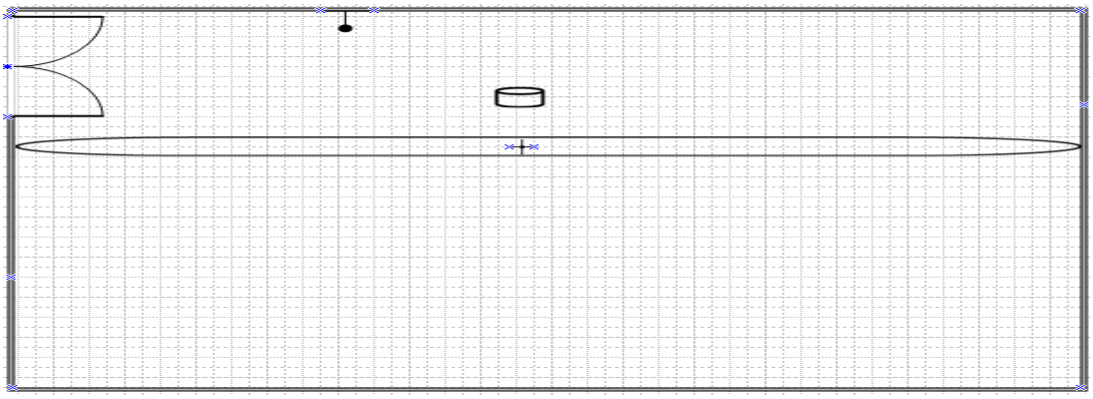
Guacamaya verde limón



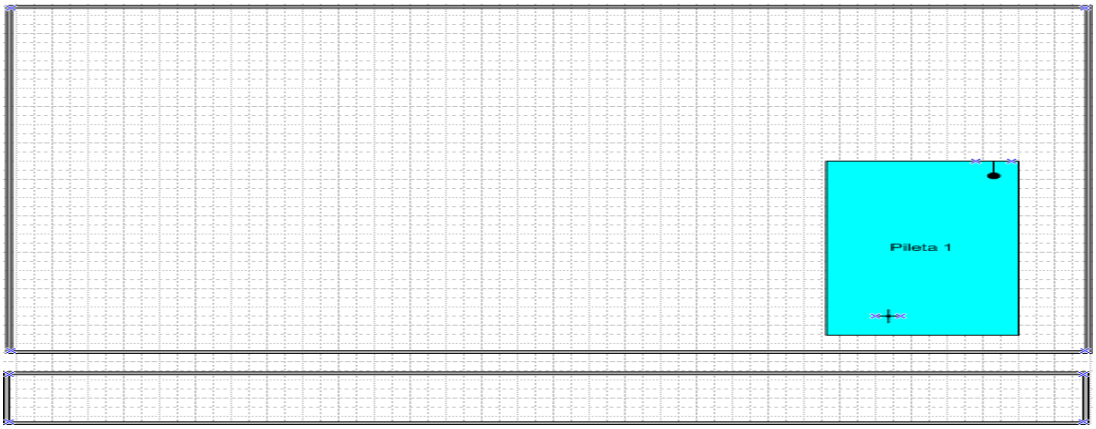
Guacamaya bandera-cariseca



Loros

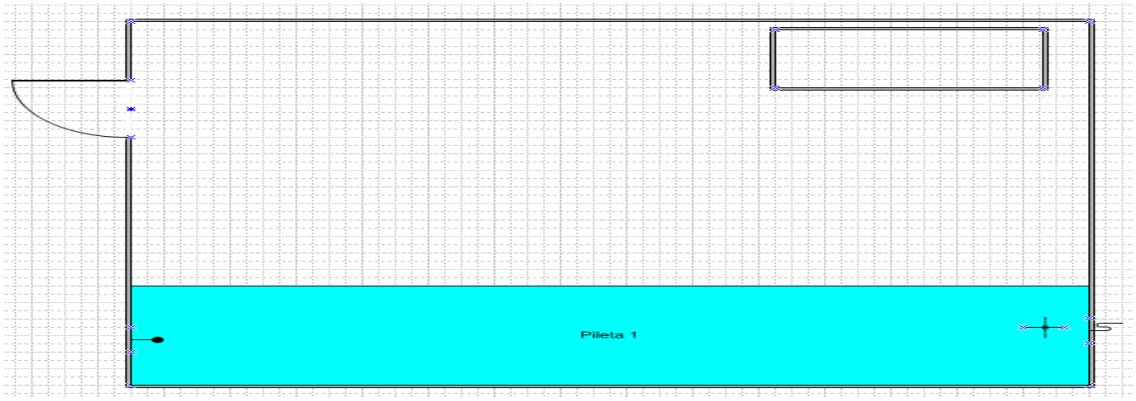


Flamencos

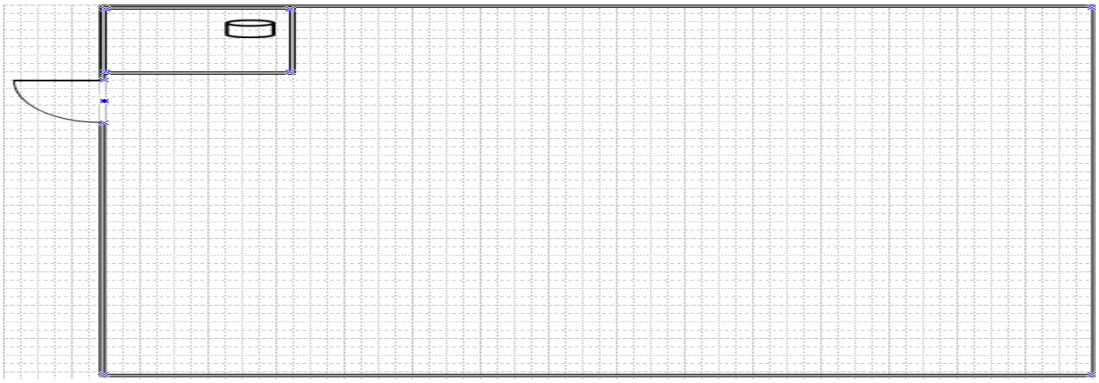


Ecomapas zona 2

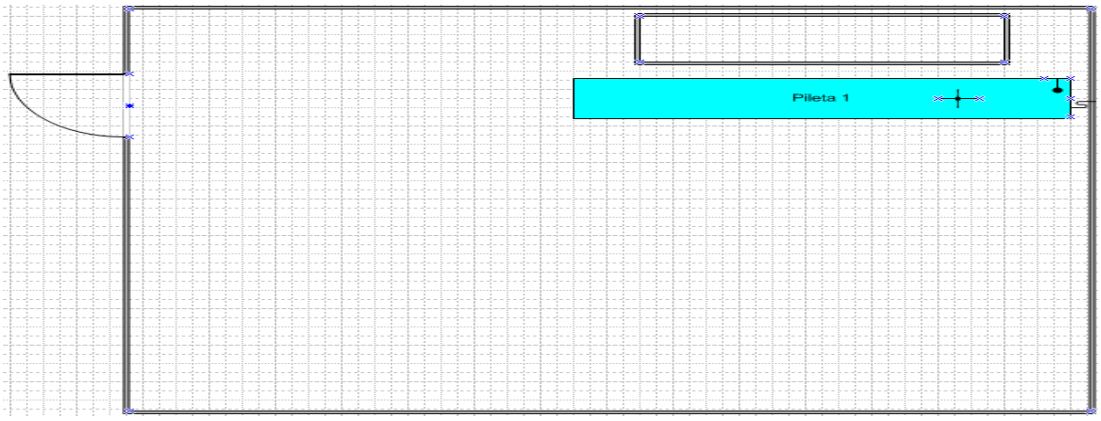
Tití ardilla



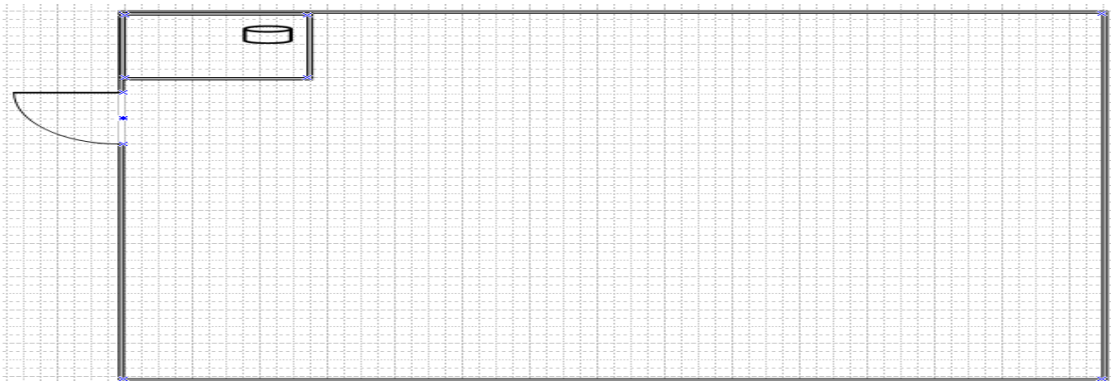

Churuco o mico lanudo



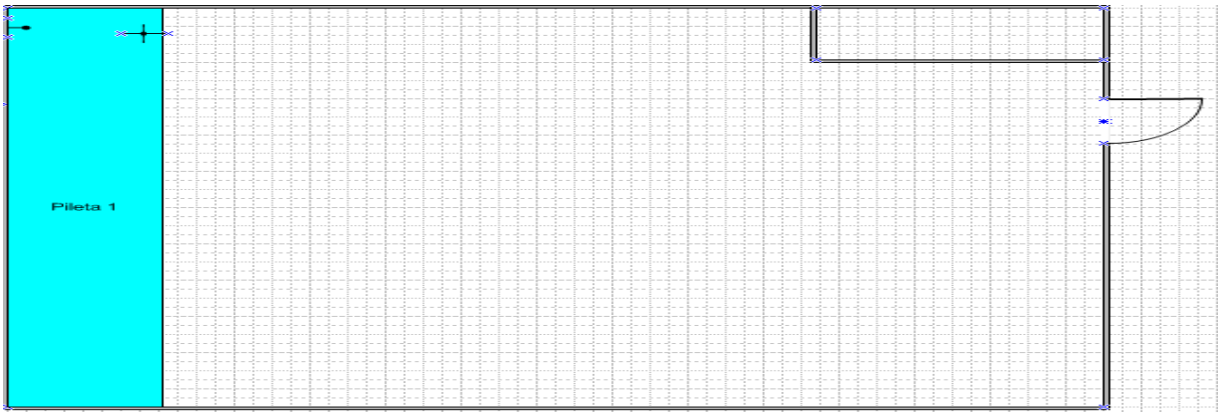
Mono araña



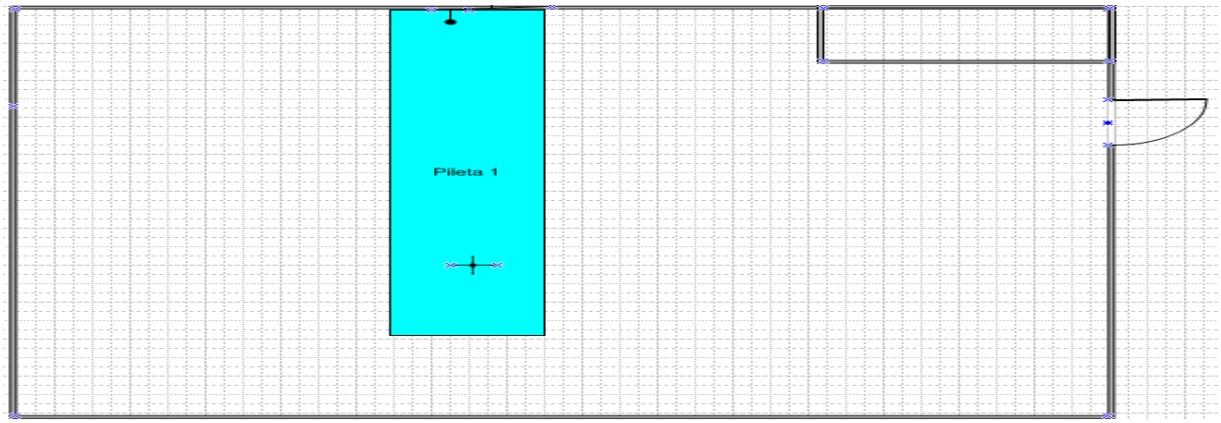
Maicero carinegro



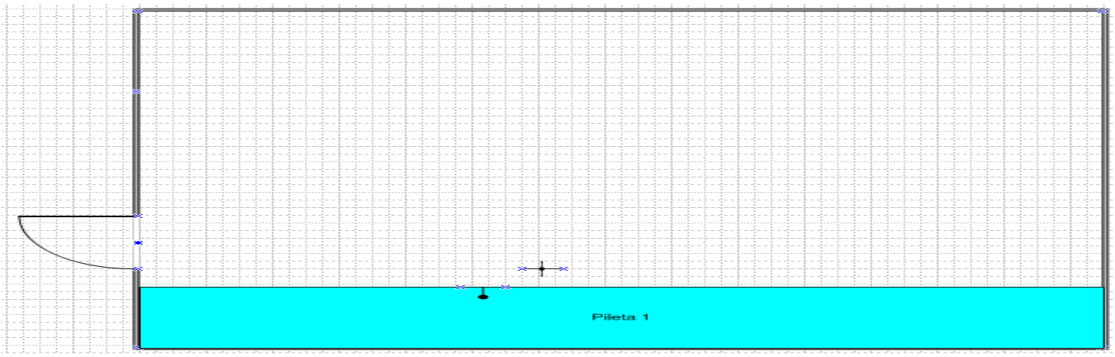
Mono maicero cariblanco



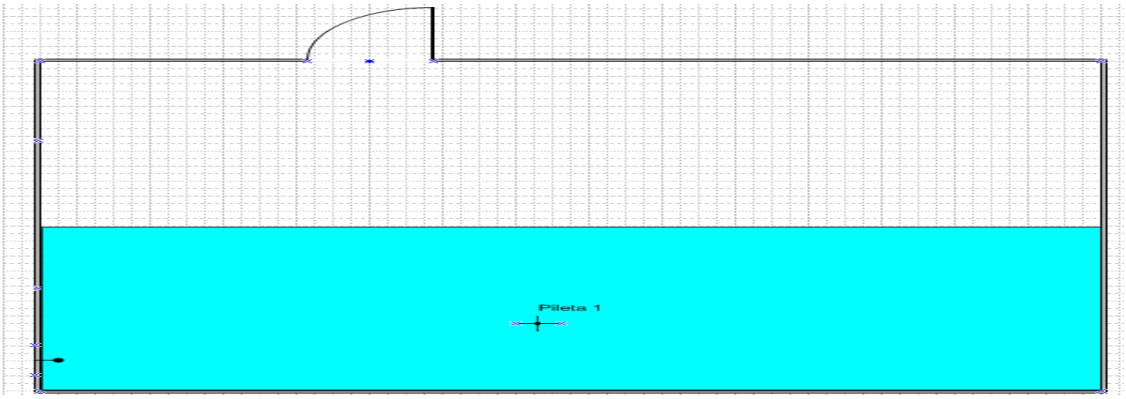

Capuchino cariblanco



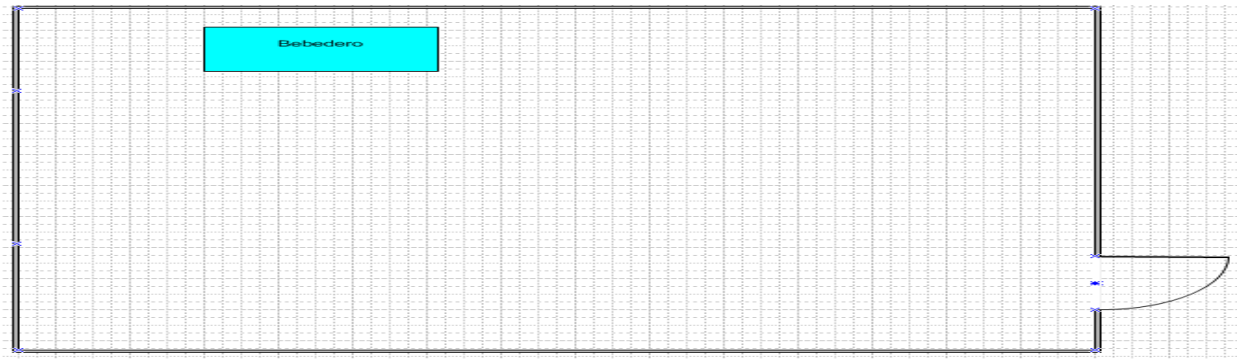
Pitón



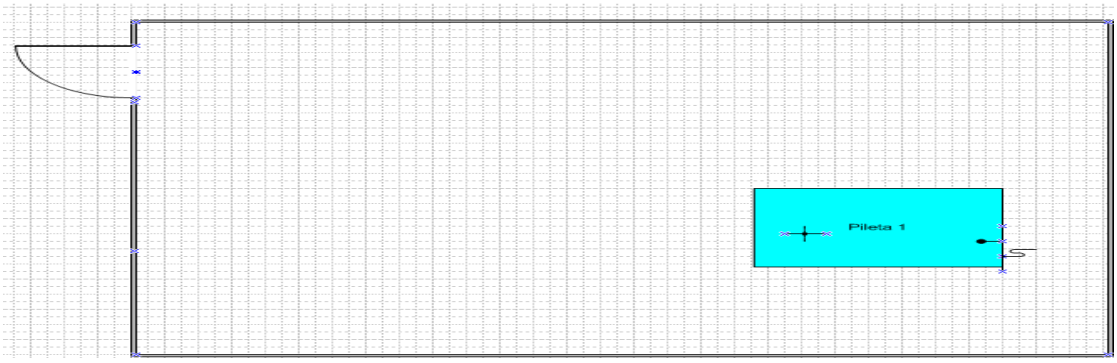

Cocodrilo del magdalena



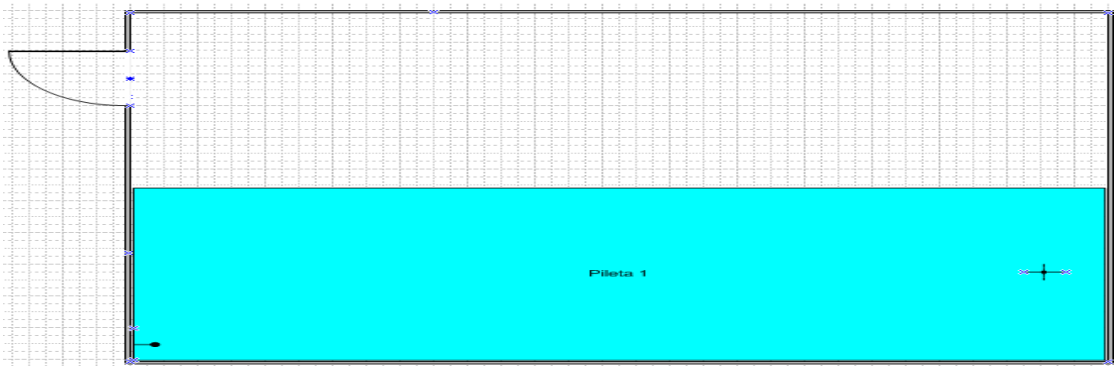

Emú



Antílope negro de la india

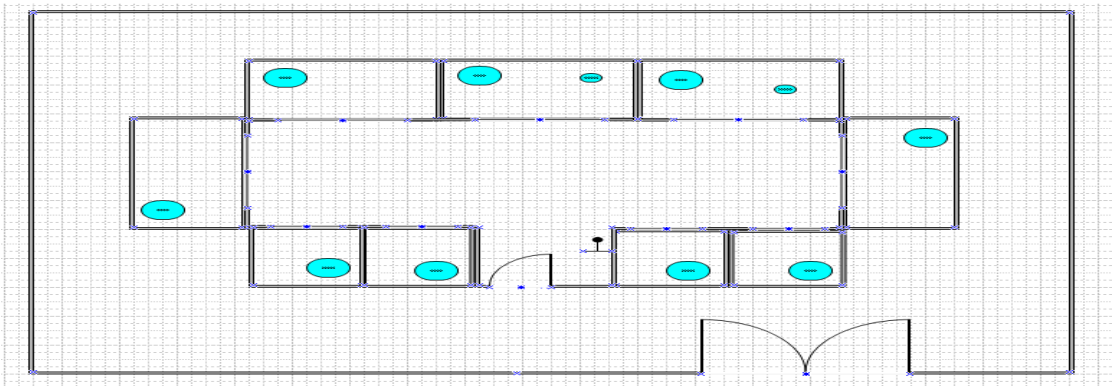



Caimán común o babillas

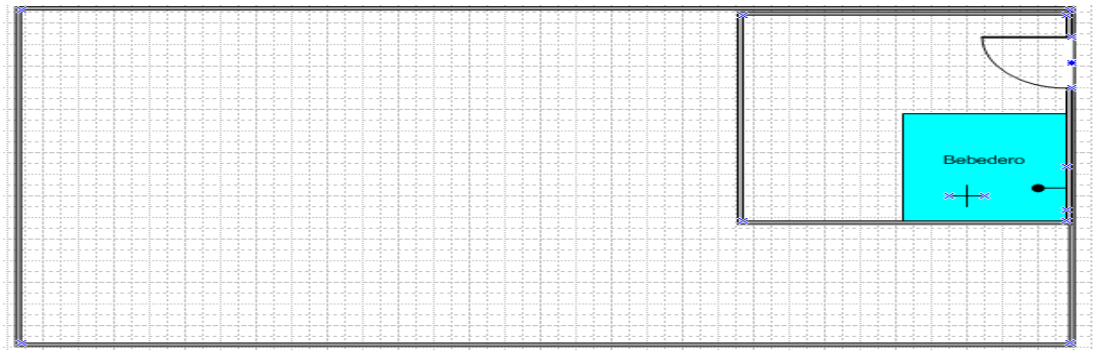


Ecomapas zona 3

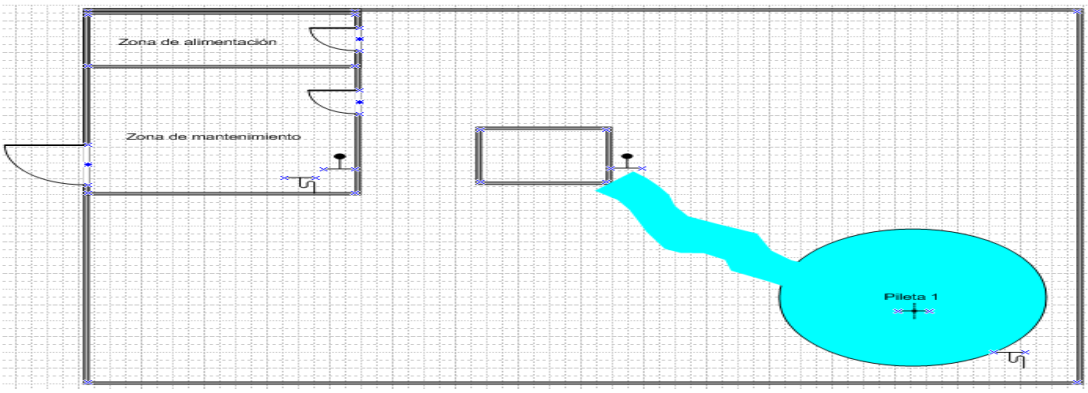
Serpentario



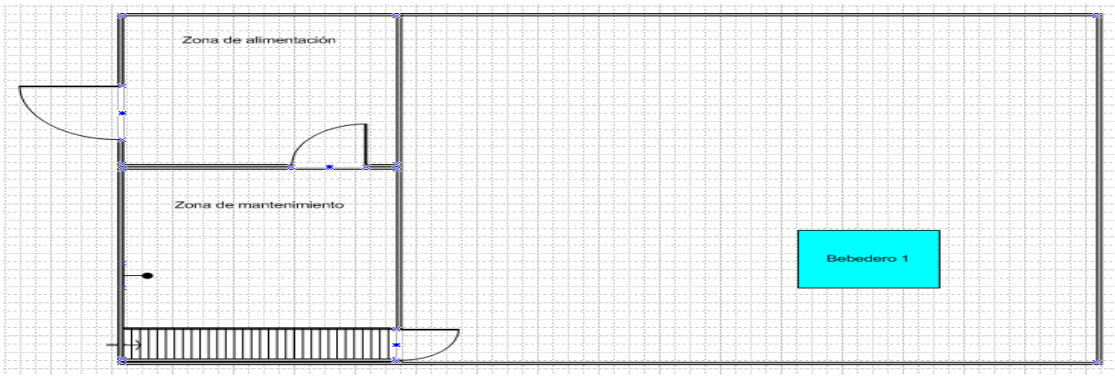
Avestruz



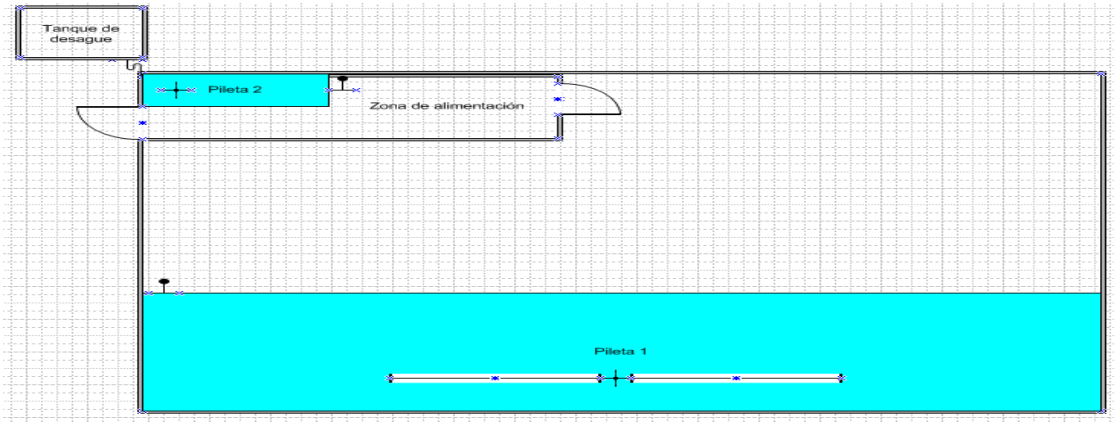

Oso pardo



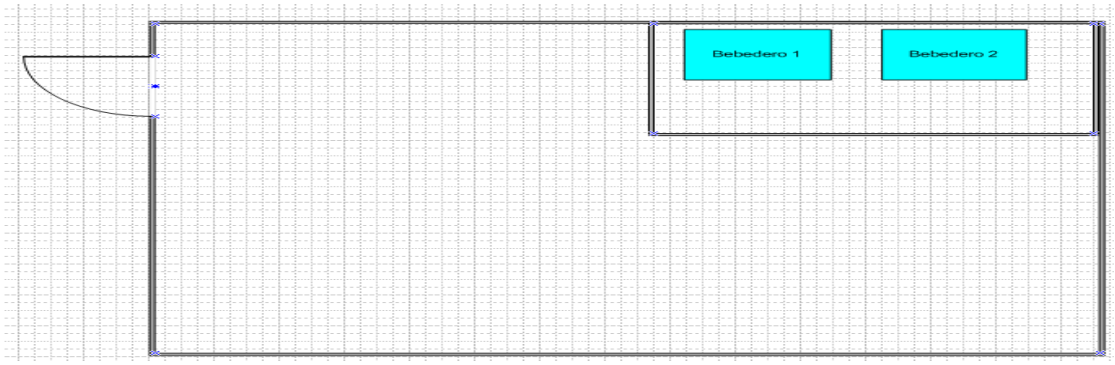
Suricatas




Nutria de río pequeña

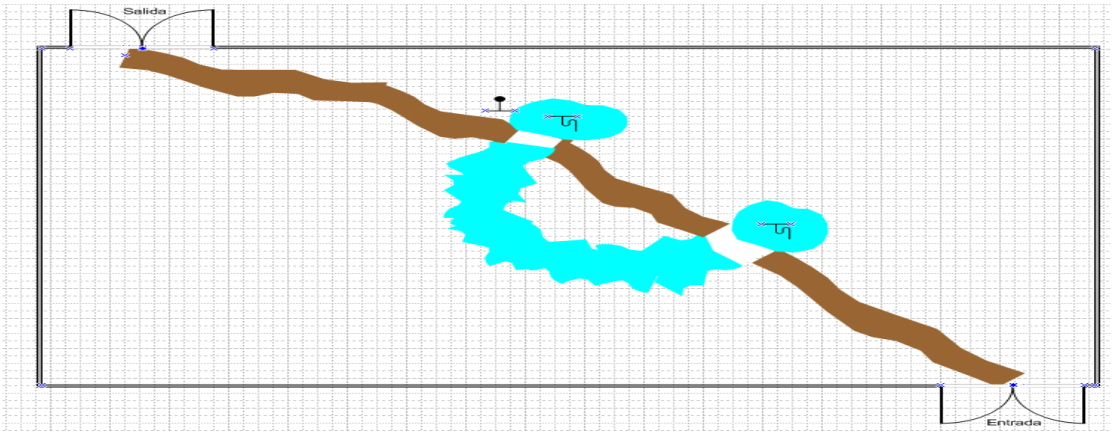



Cebra común

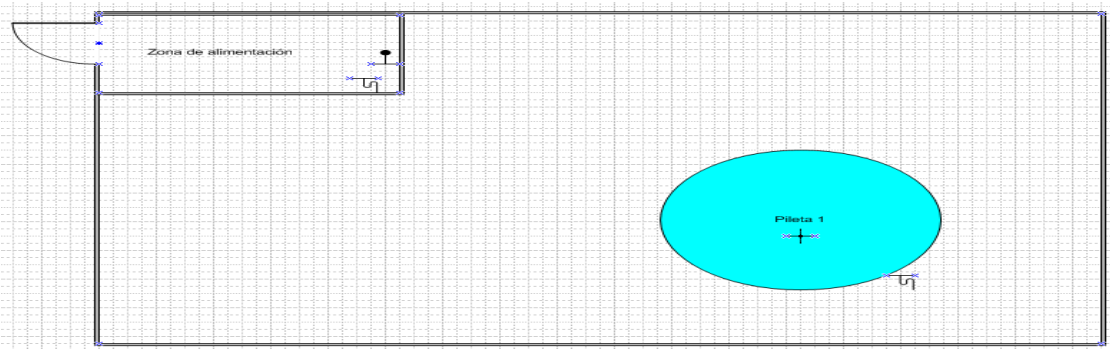


Ecomapas zona 4

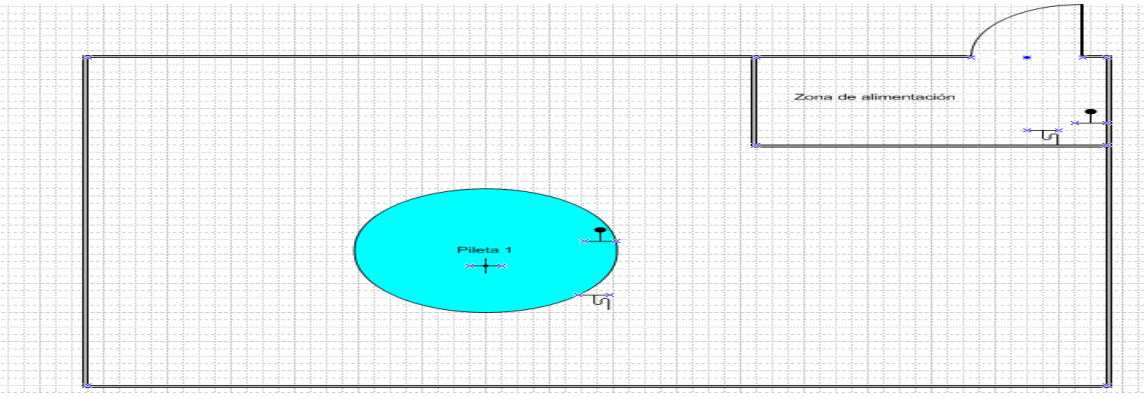
Mariposario



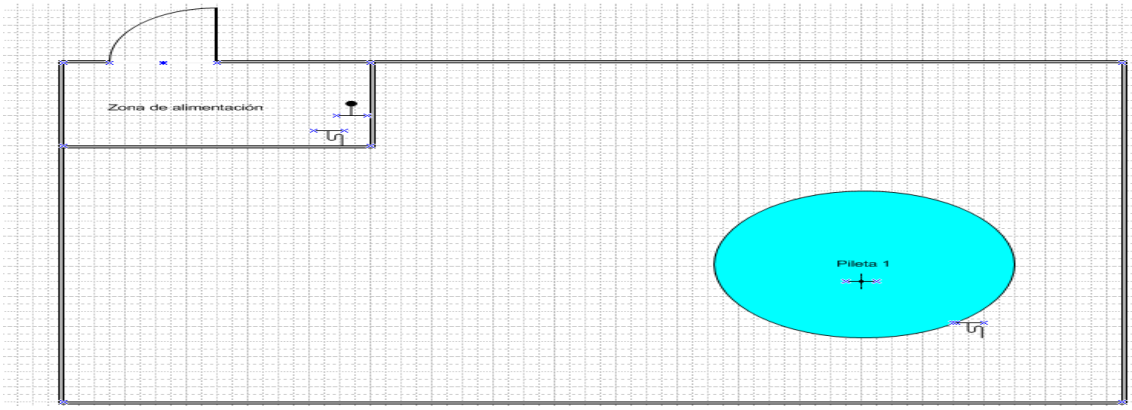

Oso negro americano



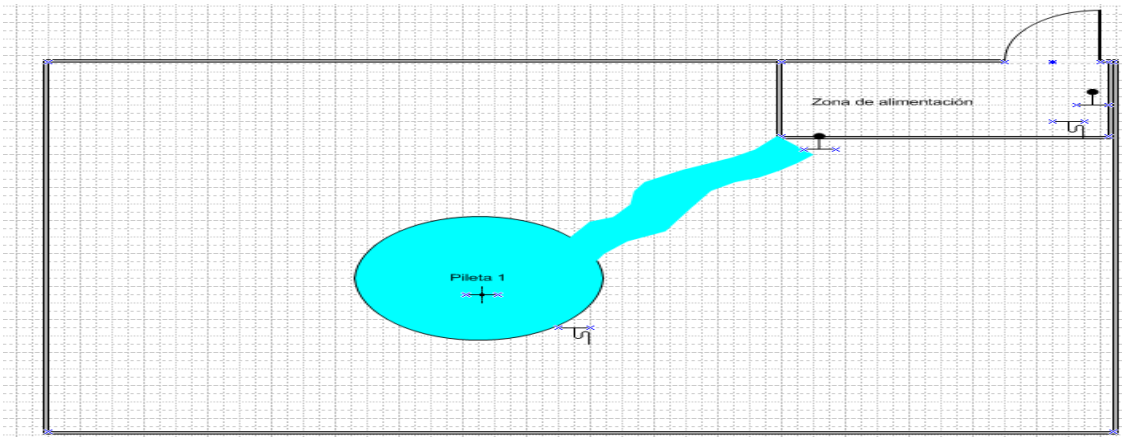

Oso de anteojos



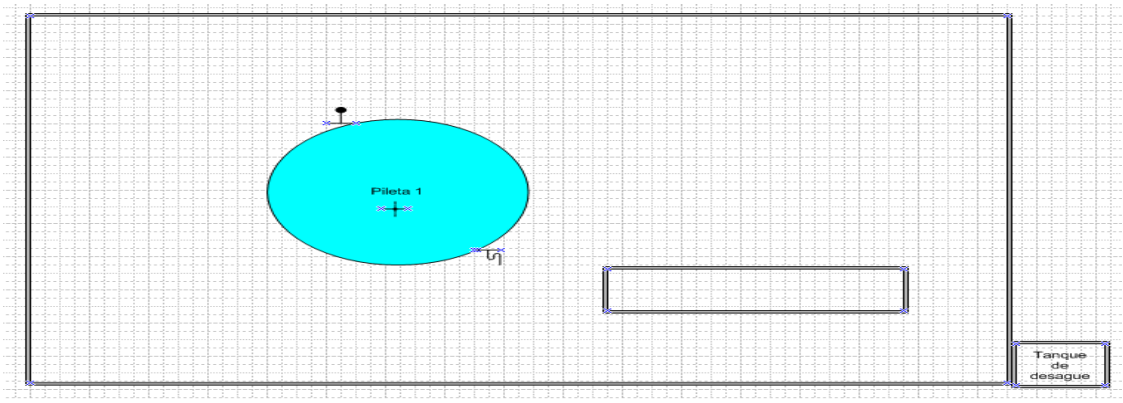
León



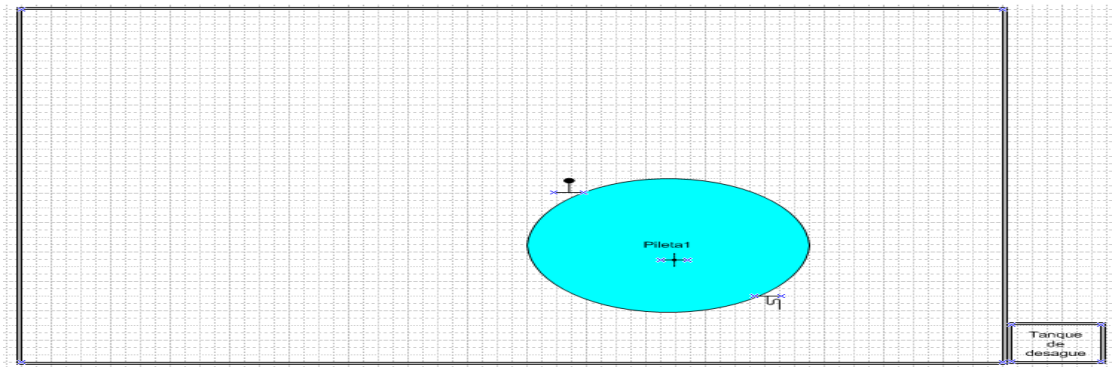

Jaguar



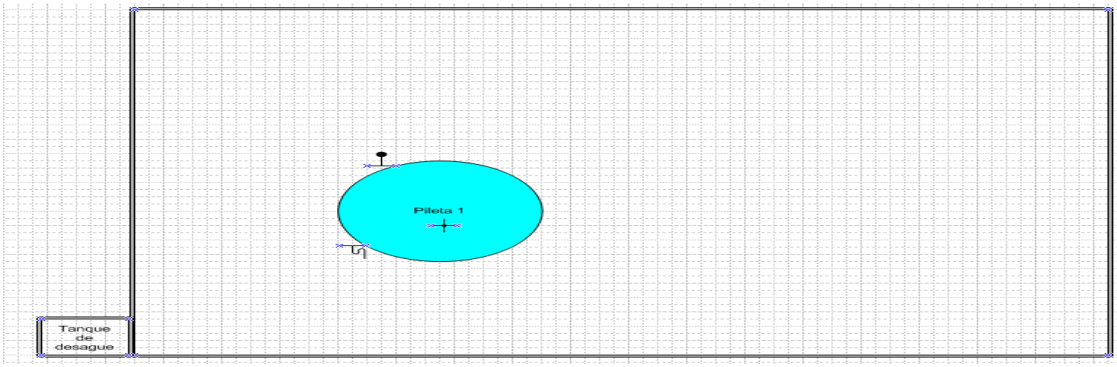

Tatabros



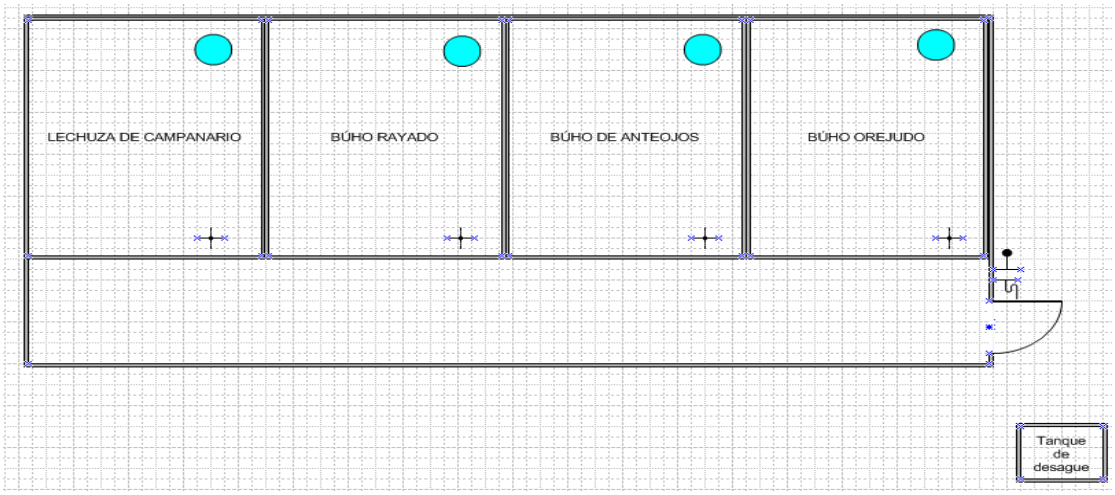
Chigüiros




Venado de col blanca

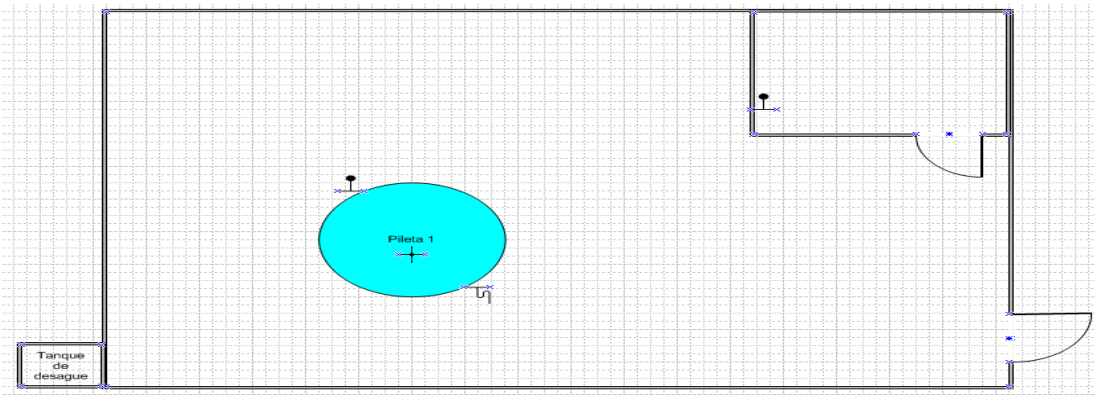



Lechuzas

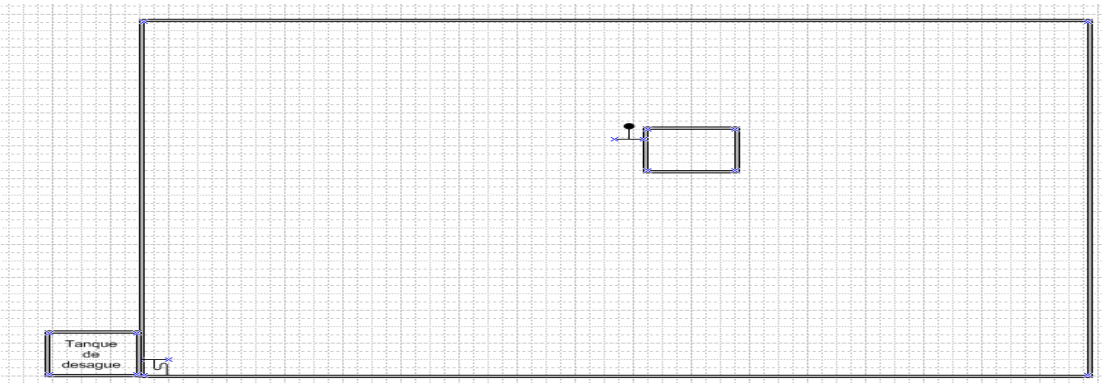


Ecomapas zona 5

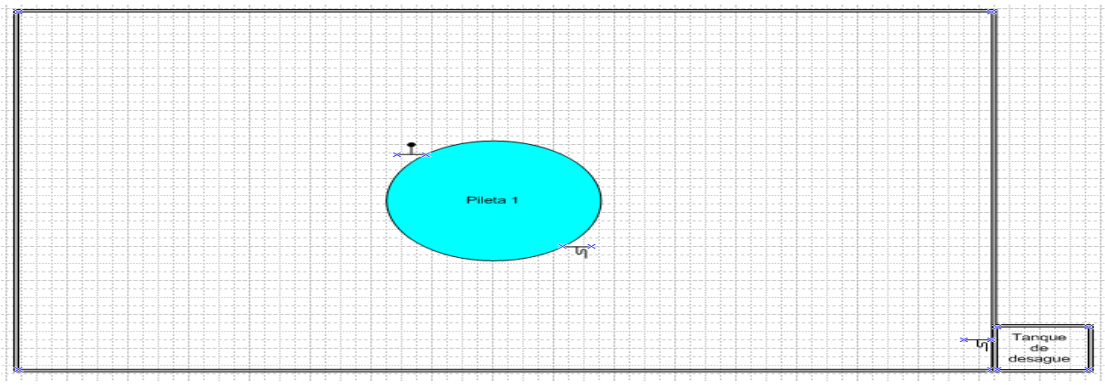
Puma o león americano



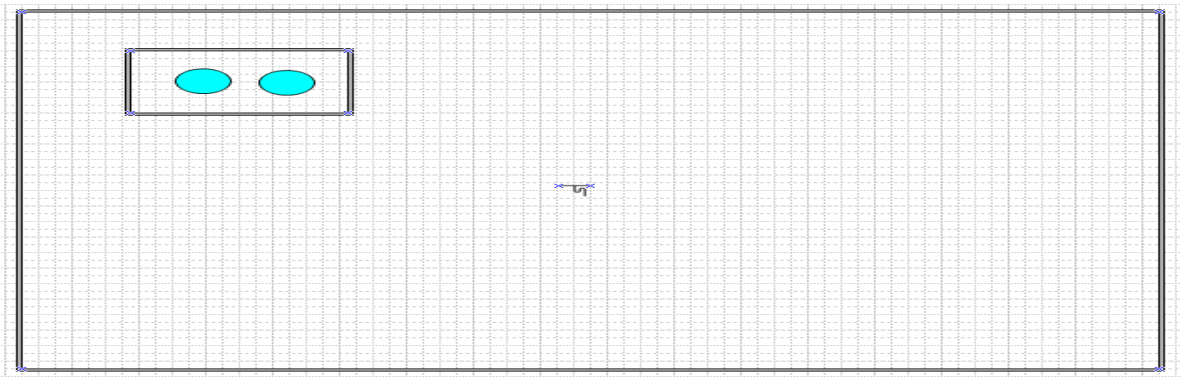

Llama



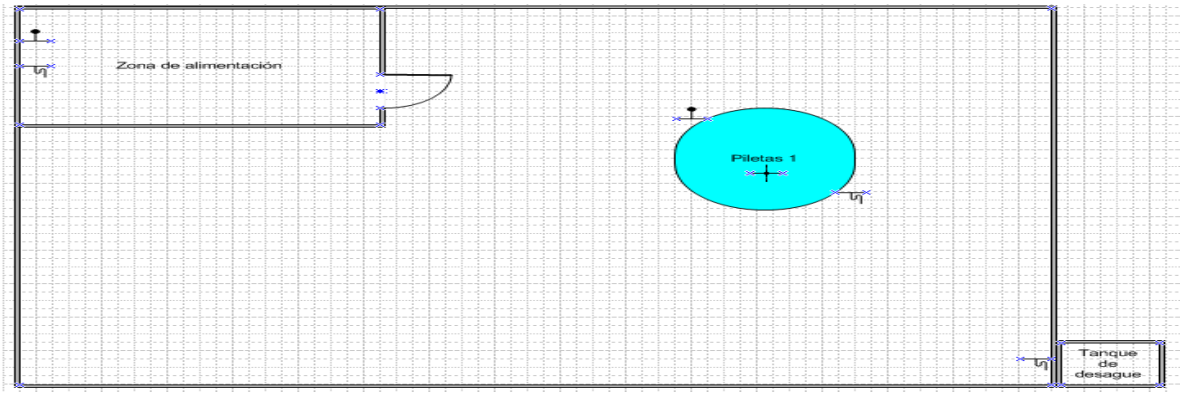

Tigres



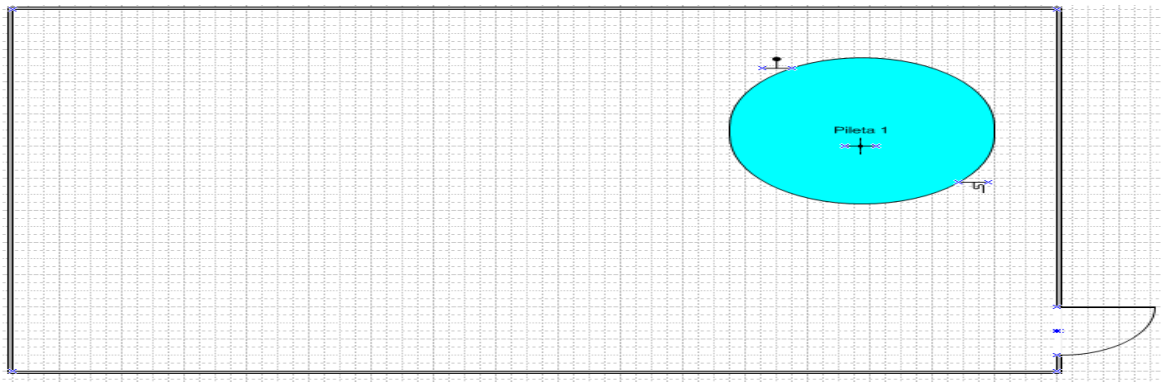
Venado soche



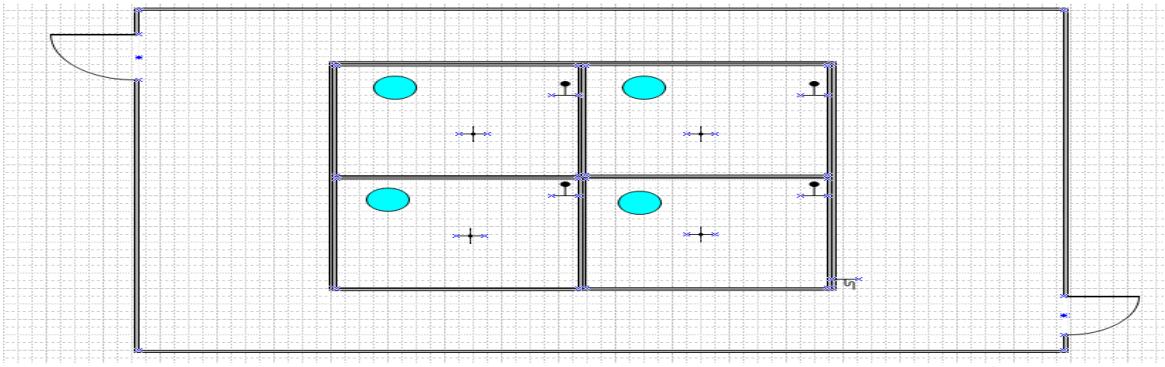
Papión



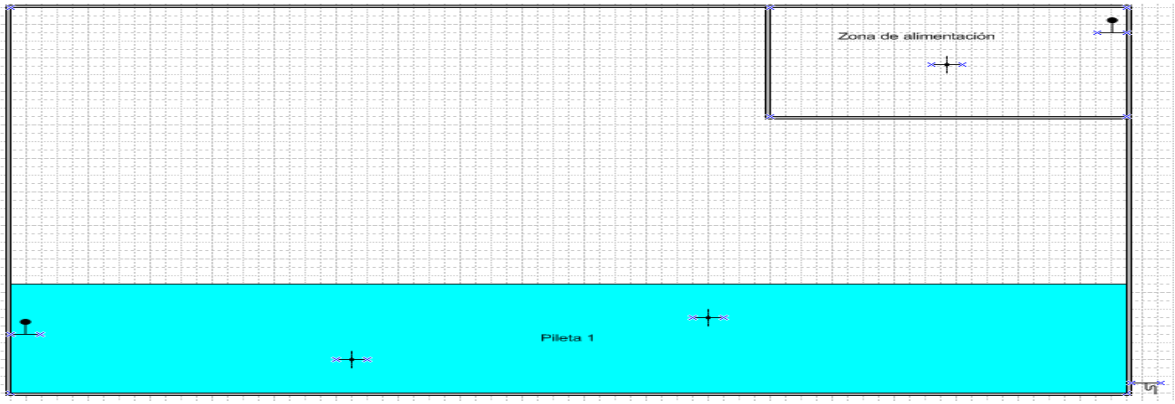

Oso hormiguero



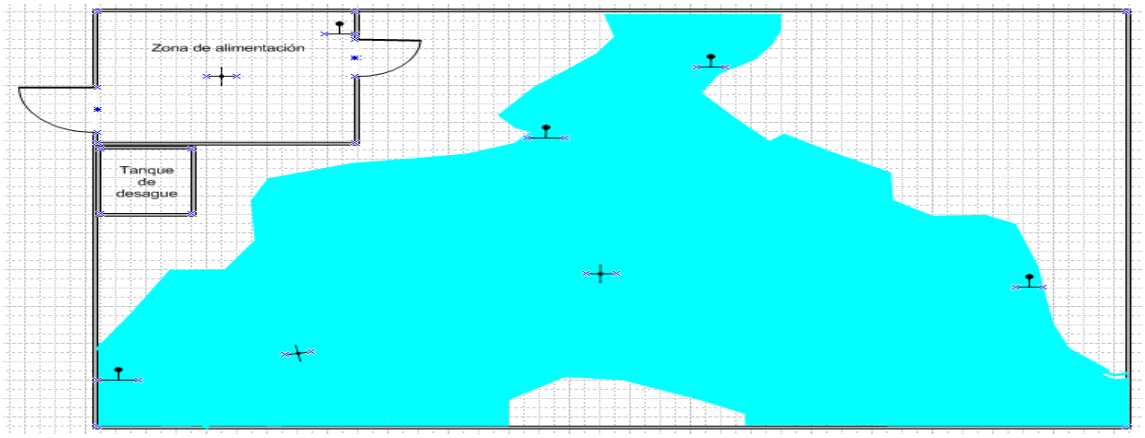
Tities



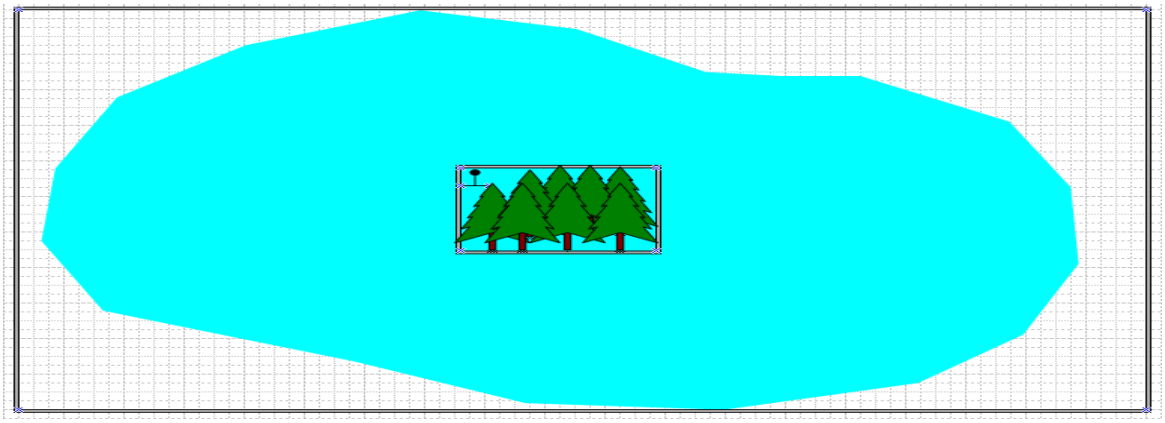
Cusumbo o coati




Nutria de río gigante

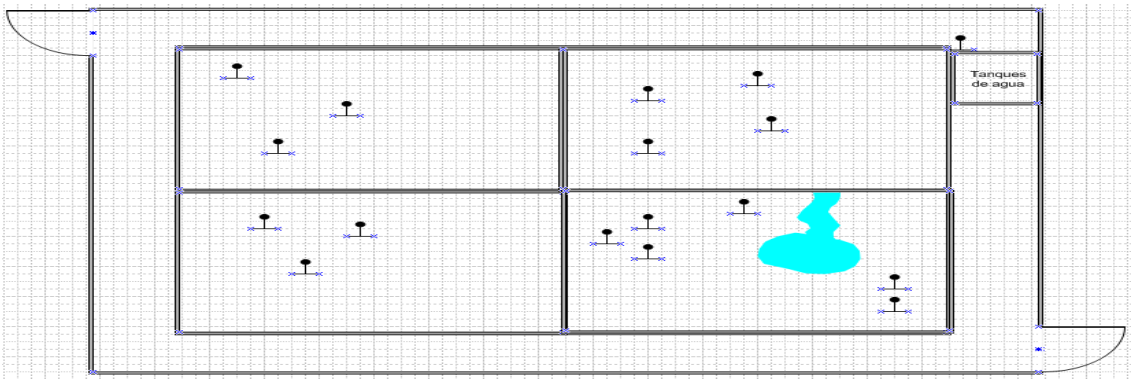


Lémures

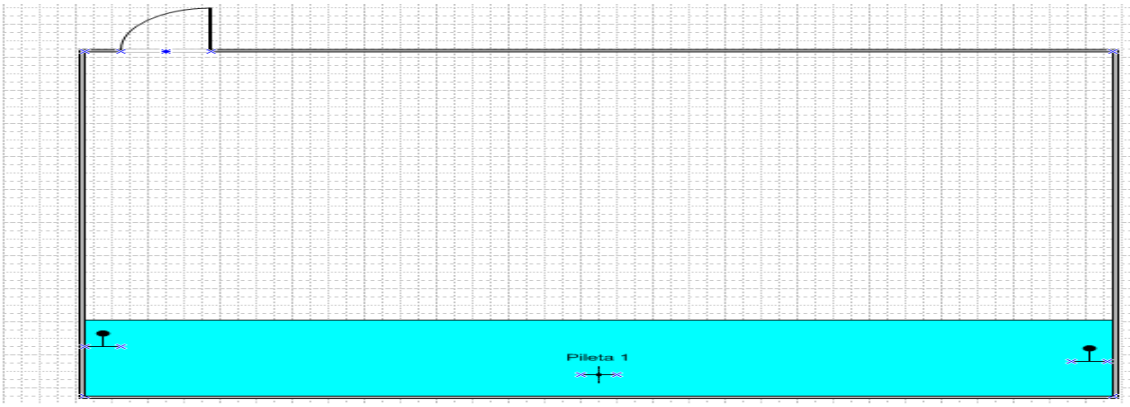


Ecomapas zona 6

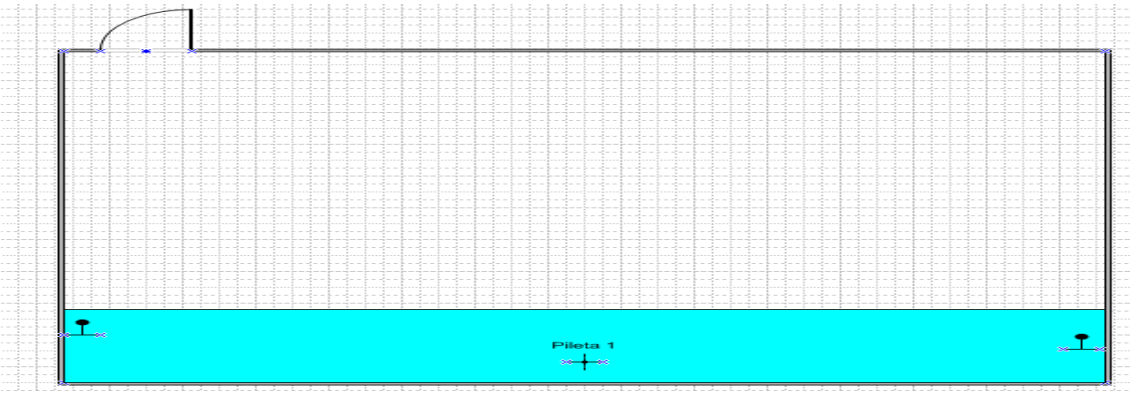
Ranas




Tortugas cabeza de cinta

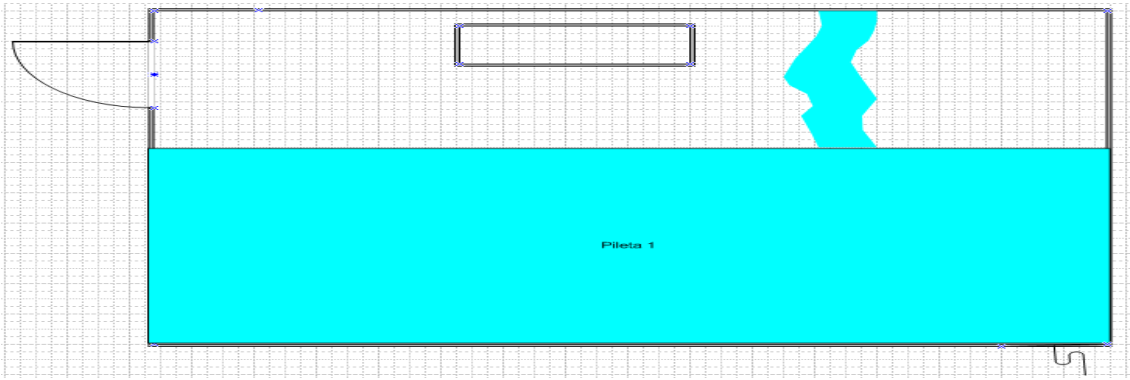



Tortuga ingüensa o lapa

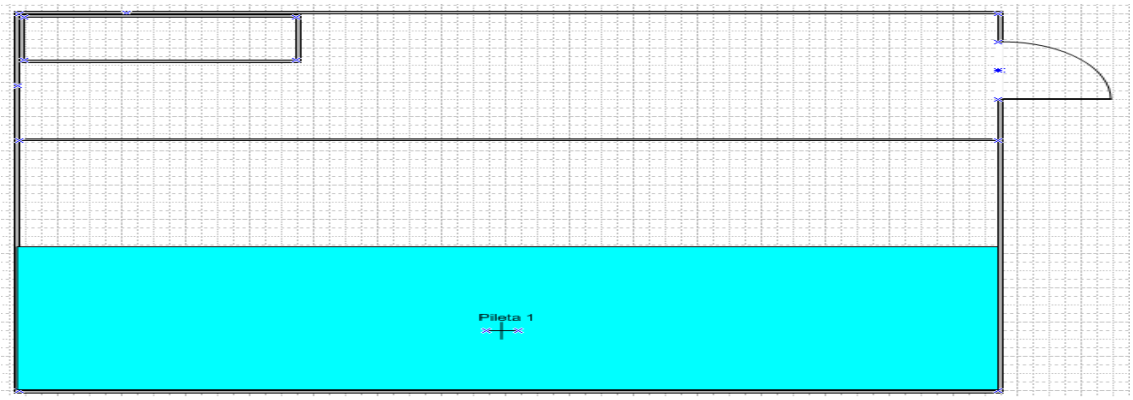


Ecomapa zona 7

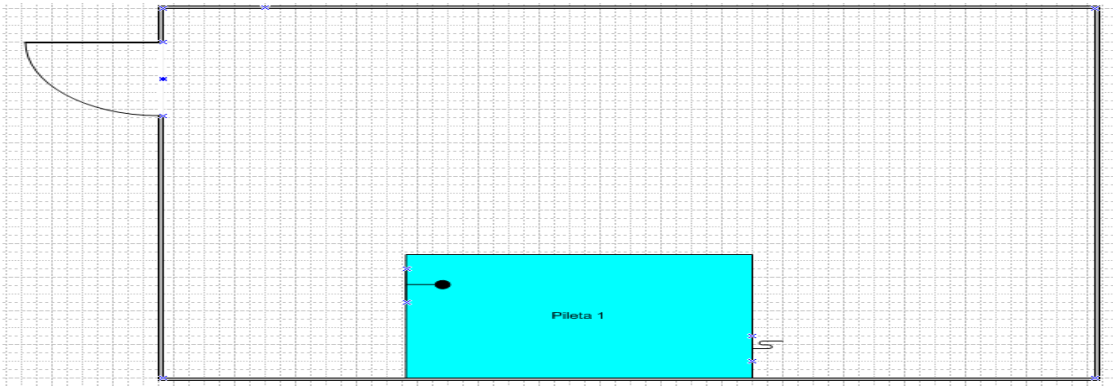
Garzón soldado



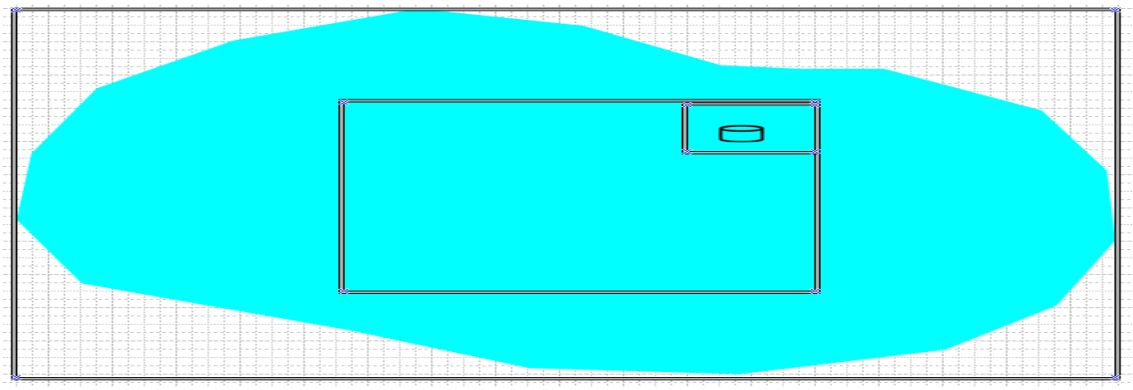

Nutria de río pequeña



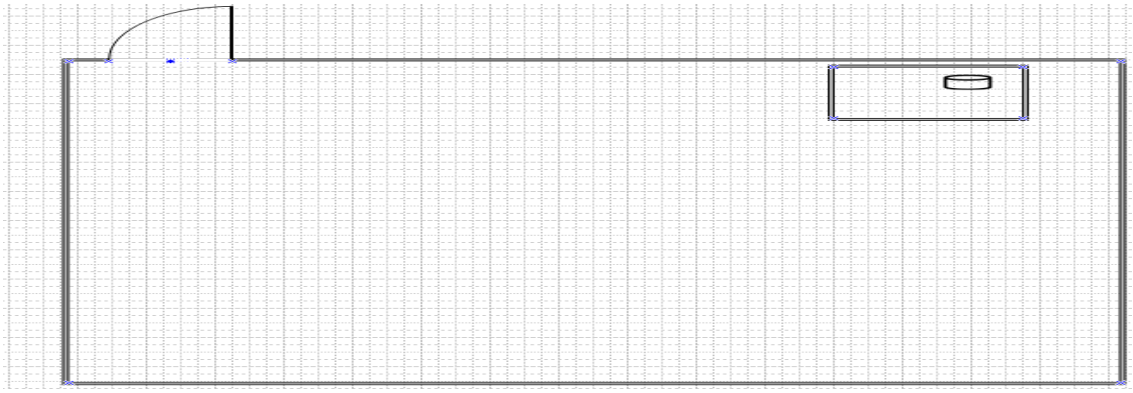

Danta o tapir



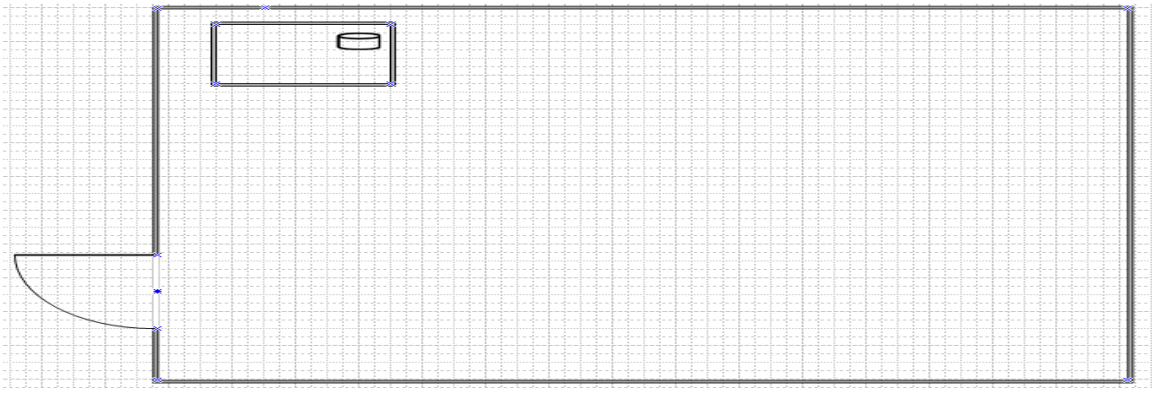
Mono aullador



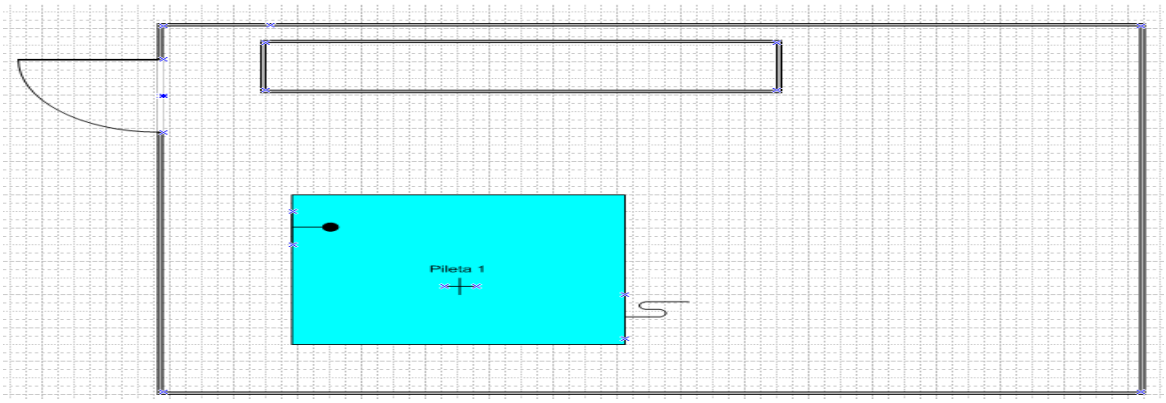
Zorro cañero o cangrejero



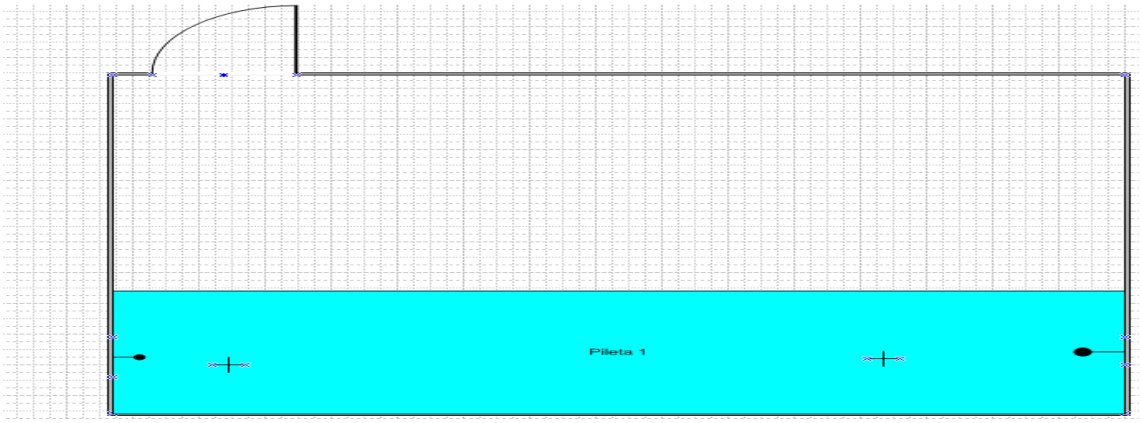
Canguro de bennet



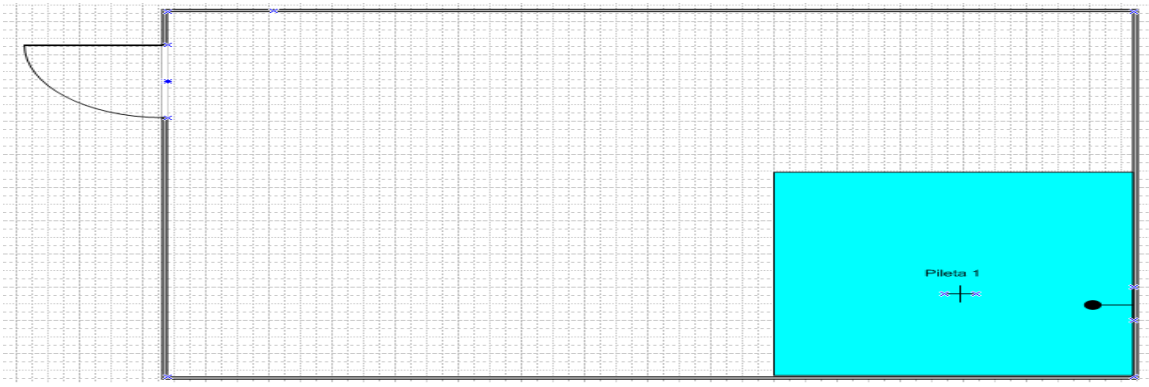
Danta de páramo



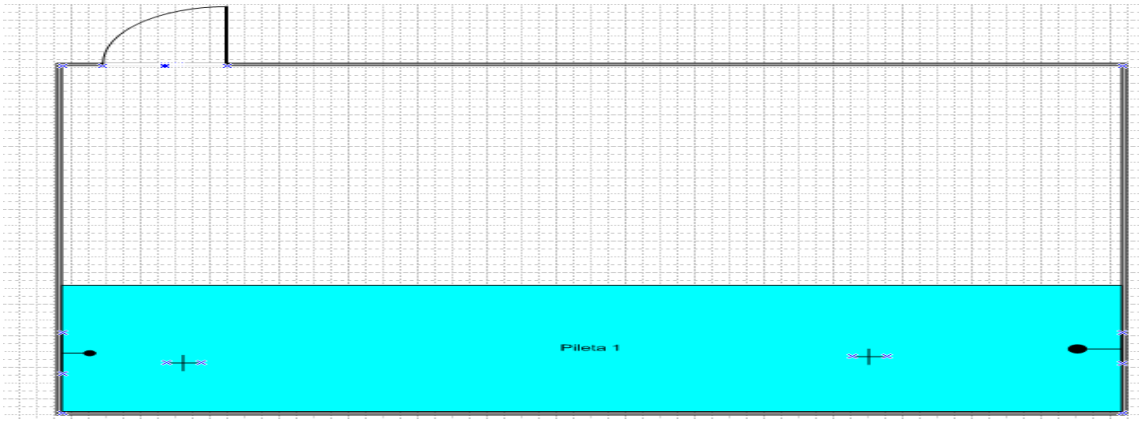

Anaconda



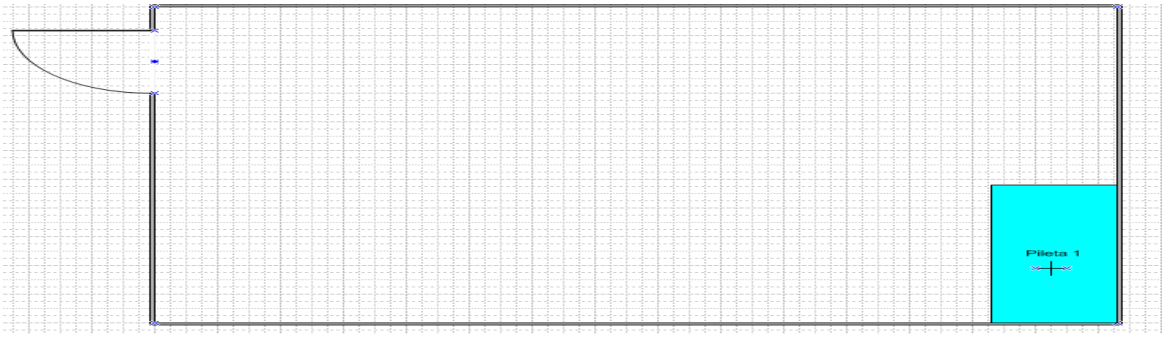

Tortuga morrocoy



Tortuga bache




Lobo pollero



Anexo F: Facturación EMCALI

| | | FECHA DE LA FACTURA | CONSUMO | TARIFA | CARGO FIJO | VALOR NETO | VALOR TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2010 | ENERO | 29/01/2010 | 1798,00 | $ 1.207,19 | $ 7.348,58 | $ 2.177.876,20 | $ 2.177.876,00 |
| | FEBRERO | 27/02/2010 | 1598,00 | $ 1.207,19 | $ 7.348,58 | $ 2.168.364,00 | $ 2.168.334,20 |
| | MARZO | 30/03/2010 | 1429,00 | $ 1.207,19 | $ 7.348,58 | $ 1.528.880,00 | $ 1.528.800,17 |
| | ABRIL | 30/04/2010 | 1640,00 | $ 1.207,19 | $ 7.348,58 | $ 1.987.140,18 | $ 2.053.017,00 |
| | MAYO | 26/05/2010 | 2337,00 | $ 1.207,19 | $ 7.348,58 | $ 2.828.551,61 | $ 2.895.823,00 |
| | JUNIO | 30/06/2010 | 1345,00 | $ 1.207,19 | $ 7.348,58 | $ 2.536.472,00 | $ 2.536.500,20 |
| | JULIO | 28/07/2010 | 1517,00 | $ 1.207,19 | $ 7.348,58 | $ 1.838.655,81 | $ 2.053.392,36 |
| | AGOSTO | 30/08/2010 | 1791,00 | $ 1.207,19 | $ 7.571,98 | $ 2.503.691,50 | $ 2.503.691,00 |
| | SEPTIEMBRE | 29/09/2010 | 1422,00 | $ 1.243,89 | $ 7.571,98 | $ 1.776.383,56 | $ 1.848.029,00 |
| | OCTUBRE | 30/10/2010 | 1798,00 | $ 1.243,89 | $ 7.571,98 | $ 2.169.425,87 | $ 2.169.425,00 |
| | NOVIEMBRE | 26/11/2010 | 1434,00 | $ 1.243,89 | $ 7.571,98 | $ 1.791.310,24 | $ 1.791.310,00 |
| | DICIEMBRE | 29/12/2010 | 2564,00 | $ 1.243,89 | $ 7.571,98 | $ 2.968.963,59 | $ 2.968.963,00 |
| 2011 | ENERO | 31/01/2011 | 1645,00 | $ 1.243,89 | $ 7.571,98 | $ 2.053.771,03 | $ 2.053.771,00 |
| | FEBRERO | 28/02/2011 | 1504,00 | $ 1.243,89 | $ 7.571,98 | $ 1.878.382,54 | $ 1.878.383,00 |
| | MARZO | 29/03/2011 | 980,00 | $ 1.243,89 | $ 7.571,98 | $ 1.212.064,17 | $ 1.218.401,00 |
| | ABRIL | 29/04/2011 | 923,00 | $ 1.243,89 | $ 7.571,98 | $ 1.155.682,45 | $ 1.156.071,00 |
| | MAYO | 30/05/2011 | 1318,00 | $ 1.243,89 | $ 7.571,98 | $ 1.873.664,32 | $ 1.873.664,32 |
| | JUNIO | 30/06/2011 | 2239,00 | $ 1.243,89 | $ 7.571,98 | $ 2.792.641,69 | $ 2.792.642,00 |
| | JULIO | 29/07/2011 | 2563,00 | $ 1.243,89 | $ 7.571,98 | $ 1.789.636,50 | $ 1.789.635,00 |
| | AGOSTO | 31/08/2011 | 1627,00 | $ 1.246,89 | $ 7.571,98 | $ 2.031.381,01 | $ 2.031.381,00 |
| | SEPTIEMBRE | 29/09/2011 | 1766,00 | $ 1.243,89 | $ 7.571,98 | $ 1.896.354,20 | $ 1.896.354,00 |
| | OCTUBRE | 31/10/2011 | 1538,00 | $ 1.284,10 | $ 7.816,15 | $ 1.982.762,55 | $ 1.982.763,00 |
| | NOVIEMBRE | 30/11/2011 | 1678,00 | $ 1.284,10 | $ 7.816,15 | $ 2.596.755,20 | $ 2.596.750,00 |
| | DICIEMBRE | 31/12/2011 | 1879,00 | $ 1.284,10 | $ 7.816,15 | $ 2.999.365,50 | $ 2.999.365,00 |
| PROMEDIO | | | 1680,54 | $ 1.236,81 | $ 7.537,34 | $ 2.105.757,32 | $ 2.123.514,22 |