

1-INTRODUCCIÓN- MOTIVACIONES.....5

2-PRESENTACION DEL TEMA-PROBLEMÁTICA.....6

3- LUGAR.....9

.Localización/ Puerto Montt-Alerce.....9

.Contexto histórico y urbano.....11

.Área de extensión industrial.....13

.Terreno.....14

.Fotos.....15

4- IDEA.....17

.Detonador Parque Industrial.....17

.Fuente de energía- Bioenergía/Biomasa.....17

.Cultivos Energéticos/Dendroenergéticos.....19

.Desarrollo investigativo y experimental.....19

5- PROPUESTA “Planta de Producción e Investigación Bioenergética”.....20

.Capacidad de la planta.....20

.Definición del proceso.....21

.Sustentabilidad.....24

.Diagrama de flujo.....25

.Estructura de operarios de la planta.....26

.Estrategias de cultivo- Sistemas de plantación de arboles.....27

.Gestión.....28

6- DEFINICION CONCEPTUAL.....29

.Estrategias de diseño.....30

7- DEFINICION PROGRAMATICA.....32

.Dimensionamiento.....33

.Esquemas volumétricos.....34

8- PLANIMETRIAS.....40

9- BIBLIOGRAFÍA.....46

INTRODUCCIÓN- MOTIVACIONES

Antes de comenzar a relatar la memoria de mi proyecto de título en la F.A.U, me gustaría comentar acerca de lo que me ha hecho centrarme en este tema, en este lugar y finalmente en este proyecto.

Cuando uno finaliza la etapa de formación como arquitecto, en una Universidad que en el transcurso de su historia a tratado de entregar el mensaje a sus estudiantes de trabajar en temas atingentes con la realidad nacional, mensaje entregado finalmente por una masa dinámica de estudiantes, funcionarios y académicos comprometidos con una visión país, resulta bastante difícil hacer de este mensaje, algo omiso. Es por esto, que mediante las herramientas que me entrego la formación universitaria, ya sean analíticas, metodológicas y de diseño, es con las que quiero hacer tangible una idea arquitectónica que responda a una realidad social, económica y ecológica, en una palabra, sustentable.

Pero en la formación como arquitecto, no todo recae en la parte académica, sino que son las experiencias de vida, lugares, espacios, expresiones, realidades, las que te hacen comprender

lo que significa habitar y proyectar. Es por esto que al momento de comenzar el proyecto de título, mi intención fue trabajar en un lugar que haya formado una incidencia tanto en mi personalidad como en mi forma de comprender las cosas. Esta ciudad es Puerto Montt, por tener la oportunidad de crecer 7 años en ella. Bajo esta perspectiva, el vincular una idea arquitectónica con una experiencia, resulta bastante importante a la hora de proyectar, ya que estas experiencias te ayudan a conocer y a darte cuenta de los lineamientos necesarios para desarrollar un proyecto de esta envergadura.

De esta manera se busca indagar en un tema relevante a nivel nacional como es aprovechar los recursos naturales para producir energía, viendo en la arquitectura la manera de hacerlo tangible y en el lugar una oportunidad de desarrollo. Por lo tanto, el proyecto surge como una respuesta ante una problemática social y urbana, producto de un crecimiento acelerado en una de las ciudades más importantes del sur de Chile y se materializa finalmente en una **Planta de Producción e Investigación Bioenergética**.

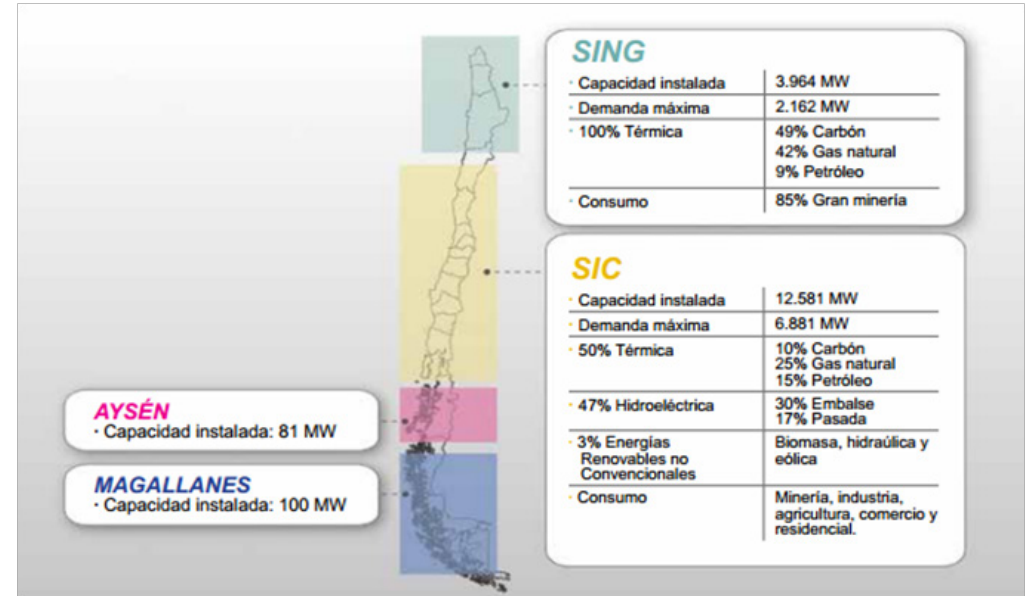
PRESENTACIÓN DEL TEMA

El presente trabajo se desarrolla a partir de una investigación enmarcada en el proceso de título y que culmina en un proyecto de arquitectura para la producción de Bioenergía a través de Biomasa.

Cuando nos referimos a la realidad energética de Chile, existen un sin número de datos y conceptos que se hace necesario plantear para entender por qué dirigir un proyecto de arquitectura a este ámbito.

Es fundamental entender que actualmente la matriz eléctrica chilena está dominada por combustibles fósiles, es decir no renovables, tales como el petróleo, el carbón mineral y el gas natural, a lo que se suman grandes represas de generación hidroeléctrica.

Los principales sistemas eléctricos en Chile son el Sistema Interconectado Norte Grande (SING) que cubre las regiones de Arica, Tarapacá y Antofagasta, con el 23,7 % de la capacidad instalada del país, y cuya generación está dominada en un 100% por centrales termoeléctricas. Por otro lado, el Sistema Interconectado Central (SIC), cubre desde Taltal (Antofagasta) hasta Chiloé y representa el 75,2% de la capacidad instalada del país, y su composición es 50% generación térmica, 47% hidroeléctrica y solo 3% de energías renovables no convencionales. También existen 2 sistemas interconectados más pequeños en Aysén y Magallanes, los cuales dependen en un 47% y 100%, respectivamente, de combustibles fósiles. Lo anterior queda esquematizado en el siguiente cuadro.



Fuente: Presentación Ministro de Energía, Jorge Bunster, Comisión Minería y Energía Cámara de Diputados (05/09/2012).

El principal problema de la generación en base a combustibles fósiles se debe a que ha incrementado fuertemente la contaminación local de material en partículas, es decir, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, además de metales pesados como Vanadio, Mercurio y Níquel, en el caso del carbón. Debido a esto, se generan impactos al ambiente, la economía local y la salud de la población, debiéndose declarar como Zonas Saturadas de contaminantes a ciudades como Tocopilla, Huasco y Puchuncaví, y establecer Planes de Descontaminación Atmosférica en cada una de ellas.

“Hoy Chile importa 70% de sus insumos energéticos: es decir compramos 98% del petróleo, 94% del carbón y 90% del gas natural que consumimos, lo que nos hace muy dependientes del mercado internacional de los combustibles.”¹

Esto significa que Chile depende fuertemente de fuentes energéticas importadas, sometiendo al país a una gran vulnerabilidad energética, lo que se ve reflejado no sólo al riesgo del suministro, sino también al impacto de las alzas y la volatilidad de los precios de los combustibles a nivel internacional. Esto se refleja por ejemplo en que de los 33 países que forman parte de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), 22 poseen costos

de energía más bajos que los de Chile, entre ellos Austria, Finlandia, Francia, Irlanda, Italia, Japón, Noruega, Nueva Zelanda, Suiza y EE.UU. Es decir que el costo de la energía eléctrica en Chile supera en 60% el costo promedio de la energía en la OCDE.

Es por esta realidad, que las ERNC (Energías Renovables No Convencionales) se ven como una alternativa factible al futuro energético de nuestro país, aprovechando de esta manera los recursos naturales energéticos que tenemos.

Actualmente, las ERNC representan aprox. el 5 % de la matriz eléctrica de Chile, según lo que plantea la Ley 20.257 del año 2008, que establece una meta obligatoria de 5% a partir del año 2010, para llegar a 10% el año 2025.

El uso de este tipo de energías no solo representa un beneficio medioambiental, sino también un beneficio económico y social.

Según un estudio de la Asociación Chilena de Energías Renovables (ACERA), la inyección de solo 3% de ERNC en la matriz eléctrica del SIC el año 2010, redujo en \$129 millones de dólares el costo operacional del sistema eléctrico y disminuyó en 3,3% los costos mar-

1 www.chilesustentable.net-Energía en Chile ¿para qué y para quién?-14/03/2013

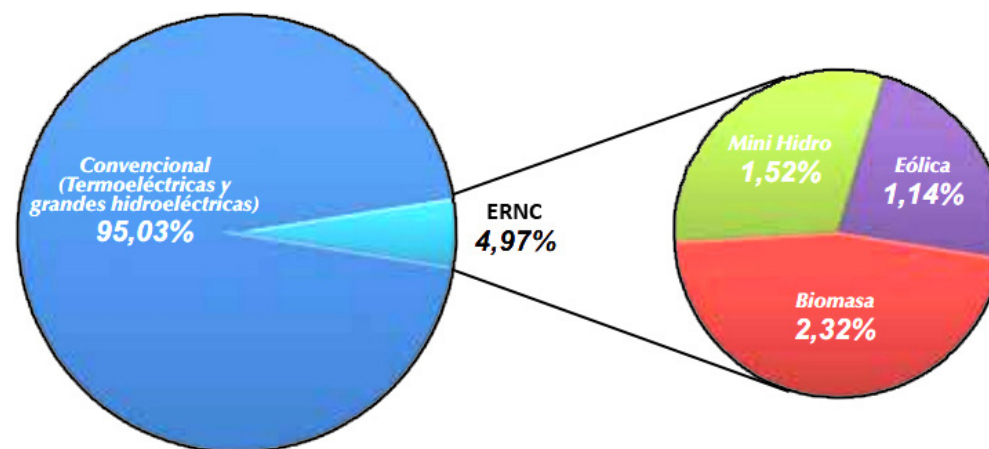
ginales de energía. En 2011, esta cifra ascendió a \$186 millones de dólares.²

De acuerdo al gráfico expuesto en esta página, dentro de las ERNC existe una inclinación de un 2,32% al uso de biomasa como combustible energético, lo que significa un 46,6% del universo total de ERNC, entendiendo a biomasa como “Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía” (RAE). A la energía obtenida mediante diferentes procesos tanto biológicos como termoquímicos de tratamiento de biomasa se le denomina Bioenergía. En Chile existe una gran diversidad de especies, desechos forestales e industriales-forestales, entre otros, que pueden ser utilizadas con fines energéticos. De acuerdo a esto y sumado con un posible desarrollo local y social que otorga un proyecto de estas características, el sur de Chile representa una buena alternativa para localizar un proyecto industrial que produzca bioenergía.

Bajo estas premisas se busca un lugar donde sea viable la construcción de una planta que abarque las áreas de investigación, experimentación y producción de bioenergía a través de la biomasa. De esta manera se escoge a

Puerto Montt por su condición de capital regional lo que la hace una de las principales ciudades del sur de Chile y donde hoy no existe un proyecto con estas características.

Luego de un análisis sobre los posibles sectores para establecer este tipo de proyecto, se evidencia una de las principales problemáticas de la ciudad, la cual corresponde a un crecimiento acelerado que ha tenido en los últimos años, donde las respuestas habitacionales si bien responden con las necesidades básicas de vivienda, conforman sectores segregados y marginados carentes de equipamiento, servicios y fuentes de trabajo que otorguen un sustento a estas áreas, siendo un ejemplo de esto el sector de Alerce. Por lo que se ve en esta ciudad satélite y específicamente en su área de extensión industrial una oportunidad para el desarrollo de mi proyecto de título.



Fuente: Reporte Primer Semestre 2012. Centro de Energías Renovables, Ministerio de Energía.

² Fuente Datos: Valgesta Energía para el año 2010; y Centro de Energía Universidad de Chile para datos años 2011.

LUGAR

.Localización/ Puerto Montt/ Alerce.

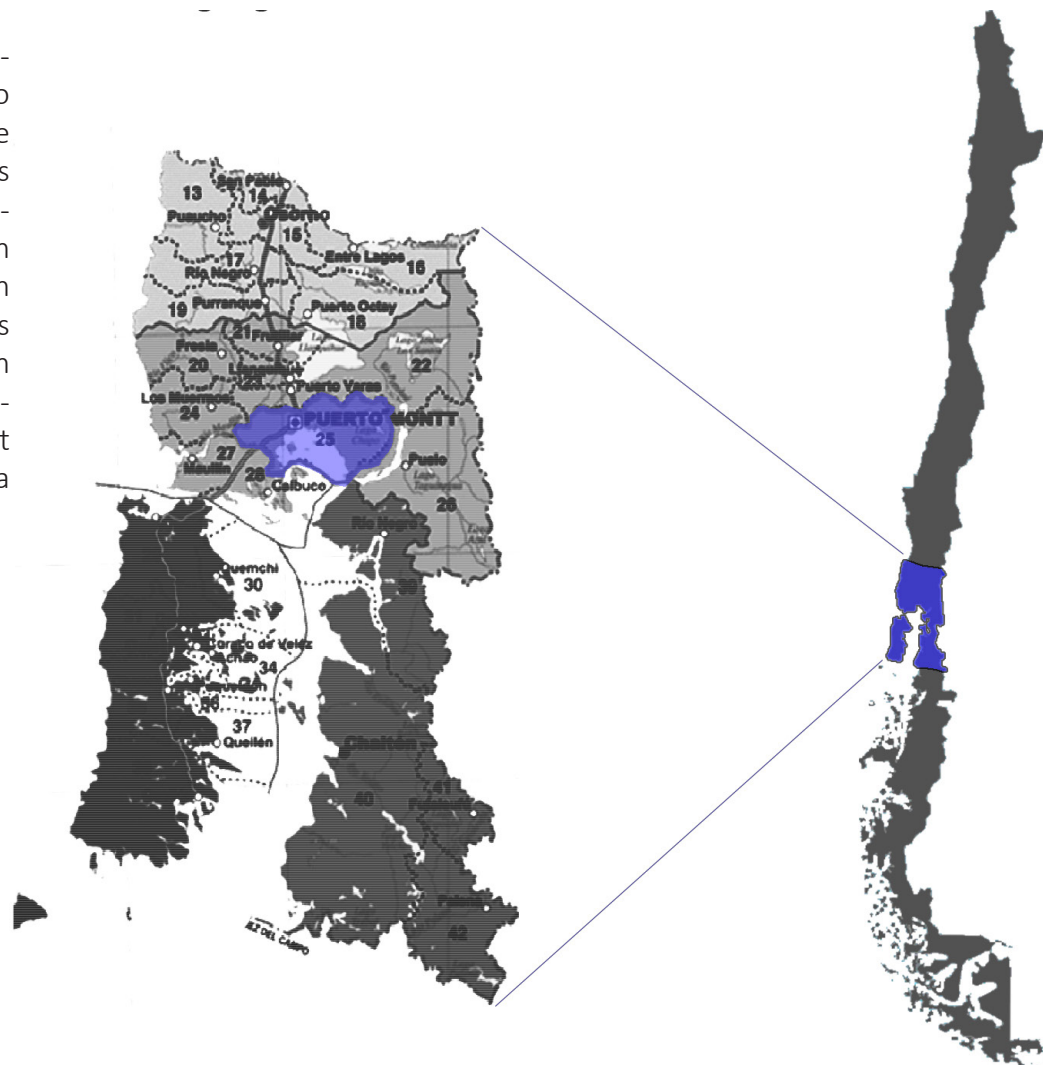
La comuna Puerto Montt se ubica en la X región de los lagos, a 1.021 km de Santiago y al extremo sur de la Provincia de Llanquihue. Se encuentra emplazada en un punto donde se produce un quiebre del sistema orográfico nacional y la depresión intermedia se hunde, permitiendo la existencia de un mar interior conocido como Seno de Reloncaví, constituyendo el principal nexo con el archipiélago de Chiloé y con las regiones australes de Aysén y Magallanes.

La ciudad capital de la comuna lleva el mismo nombre que ésta, Puerto Montt, siendo además capital Provincial y Regional.

“El carácter estratégico de la localización geográfica de la comuna, ha posibilitado y sostenido la condición de Capitalidad de Puerto Montt: Provincial y Regional. Entregando una categoría político administrativa de jerarquía y ordenamiento territorial que trasciende los propios límites geográficos, elementos que relevan el rol futuro que Puerto Montt va a jugar en la región y la estructura geográfica del Sur de Chile. De tal modo, que se reconoce y visualiza en el futuro a Puerto Montt como una comuna “Metropolitana y Capital del Sur Austral de Chile”.³

Esta condición geográfica y futura metropolitana que tiene Puerto Montt, junto con el desarrollo de una de las industrias emergentes más importantes de Chile, la Salmonicultura, trajo consigo una expansión demográfica bastante dinámica. Sin embargo, los planeamientos urbanos que se llevaron a cabo fomentaron un crecimiento explosivo en cuanto a superficie, proyectando a Puerto Montt como una de las ciudades que más va a crecer en un periodo de 7 años.

(Grafico aumento de superficie- Capitales regionales).

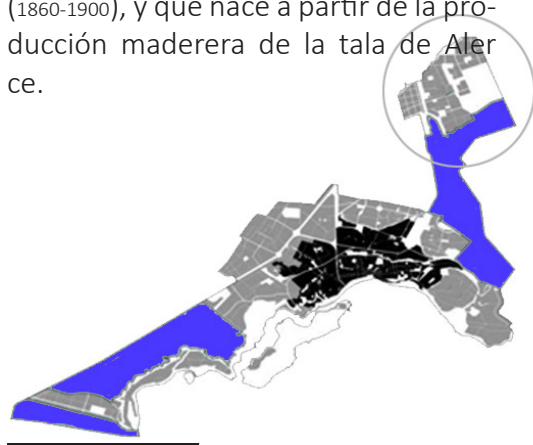


Fuente: Esquemas propios

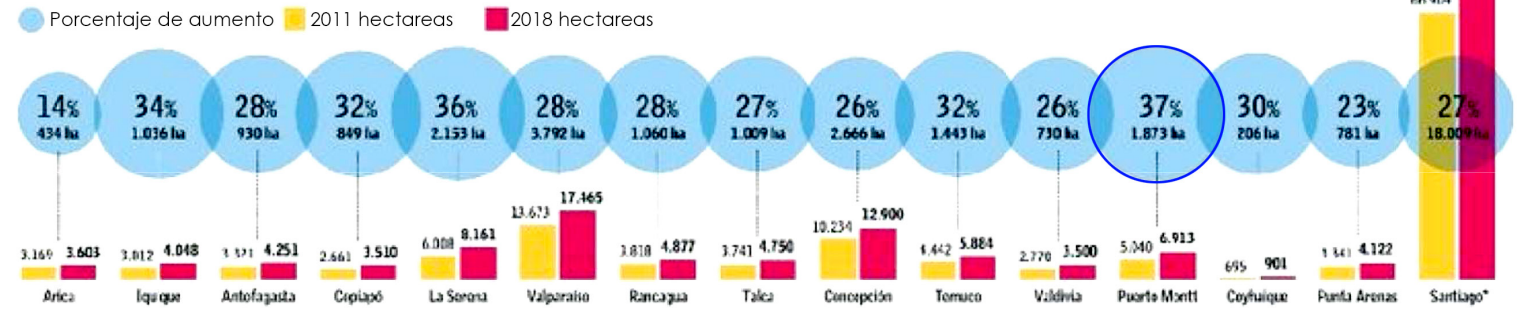
3 Fuente: Actualización pladeco-Puerto Montt 2011

“Es ampliamente conocido que la ciudad de Puerto Montt es un centro urbano que en los últimos 15 años ha experimentado una de las tasas de crecimiento más altas a nivel nacional. Como consecuencia, Puerto Montt, es la ciudad que más ha crecido en los últimos años en términos de expansión de su área urbana consolidada, con un crecimiento explosivo, lo que nos posiciona en los primeros lugares de ranking cuantitativos.”⁴

En cuanto a las respuestas habitacionales que se desprenden de esta expansión demográfica, el caso de la “ciudad satélite de Alerce” es uno de los más emblemáticos. Esta iniciativa impulsada por programas de gobierno, trato de responder a la necesidad habitacional erradicando a campamentos o tomas de terreno y trasladándolos al norte de la ciudad, asentamiento que existe desde la colonización alemana (1860-1900), y que nace a partir de la producción maderera de la tala de Alerce.

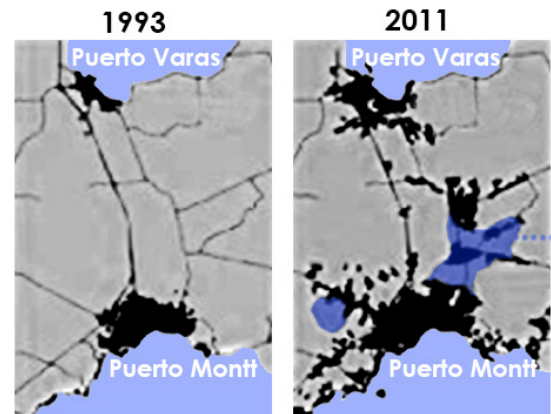


AUMENTO DE SUPERFICIE-CAPITALES REGIONALES



Puerto Montt protagonizará la mayor expansión en un periodo de siete años

Fuente: Diario nacional el Mercurio- Diciembre 2013



2018
Área que muestra la proyección estimada de crecimiento de 37% para los próximos 5 años.



Fuente: Esquemas propios.

4 Fuente: Memoria explicativa modificación plan regulador-Plan Centro/Red vial- Municipalidad Puerto Montt-2014

.Contexto histórico y urbano-Ciudad Satélite Alerce.

Antes de comenzar a explicar algunos de los aspectos más relevantes del contexto histórico y urbano de la ciudad de Alerce, es necesario evidenciar que el planeamiento urbano para esta ciudad satélite no fue el indicado, algo de esto queda reflejado en la siguiente cita extraída de la actualización del pladeco 2011.

“Si bien es cierto Alerce fue concebido como una solución integral, no resulta menos evidente que la falta de seguimiento, actualización y renovación han generado una estructura urbana con necesidad de mejorar la calidad de vida y sus posibilidades de desarrollo. Las conectividades urbanas son deficientes, las que se acrecientan considerando barreras físicas muy difíciles de franquear, como por ejemplo, la existente línea del tren en desuso y la dificultad de salir directamente a la Ruta 5. Esta última facilitaría la instalación de fuentes laborales la localidad, permitiendo evitar el desplazamiento de sus habitantes hacia la ciudad de Puerto Montt.”⁵

La localidad de Alerce se ubica en el antiguo camino (Av. Gabriela Mistral) que une Puerto Montt con Puerto Varas, a 7 kilómetros al norte de la capital regional. Como centro poblado data del período de la colonización alemana,

pero su importancia y consolidación como nexo y elemento estructurante de las relaciones económicas entre las ciudades de Puerto Montt y Puerto Varas, se materializa a principios del siglo XX, con la construcción del ferrocarril longitudinal que permitió una incorporación efectiva y reforzó el carácter exportador de materias primas forestales que esta entidad poseía.

Ya en la década del 60 con la construcción de la carretera Panamericana, se produjo una redirección de los flujos e intercambios de bienes, servicios y personas, relegando a Alerce a una posición desventajosa, la cual se incrementó con el cese de la actividad ferroviaria a finales de los años noventa. Por otro lado, la declaración del árbol Alerce como Monumento Nacional mediante el Decreto Supremo N° 490 de 1976, y que prohibió la corta y destrucción de este recurso, prácticamente terminó con la principal fuente laboral del poblado.

A mediados de la década del 90 y debido al rápido crecimiento que tuvo la ciudad de Puerto Montt, comienza un plan de erradicación de asentamientos constituidos por tomas de terreno,

principalmente en el sector poniente de la ciudad (según esquema erradicación familias). La solución para estas familias de los sectores más bajos, es decir sectores D y E fue la consolidación de Alerce como sector habitacional y como ciudad satélite. (Algunos han sido trasladados en grupos y otros han arribado individualmente a través de su postulación al subsidio habitacional o compra de una vivienda de bajo costo). En ese entonces según el MINVU (1997,2001) se proyecta a 30 años a convertirse en una ciudad de 80.000 habitantes (hoy 50.000 según Plan Centro-Puerto Montt) en una superficie de 1.100 hectáreas.

“La estructura vial planteada corresponde a una estructura y densidad mucho mayor de la necesaria, generando con ello una desproporción de la imagen física de la ciudad. Además el trazado planteado para dichas vías no colabora en delimitarla para hacerla auto contenida, sino, más bien incentiva un desarrollo sin límites claros. Las áreas verdes propuestas se proyectan como sectores aislados entre si y el poblado original.”⁶

Actualmente se puede distinguir una estructura urbana de grandes predios constituida por el asentamiento original, Alerce Histórico, donde predominan las construcciones de madera y los cercos transparentes con

una trama de damero ordenada a un costado de la vía principal y población dedicada a actividades primarias como la artesanía.

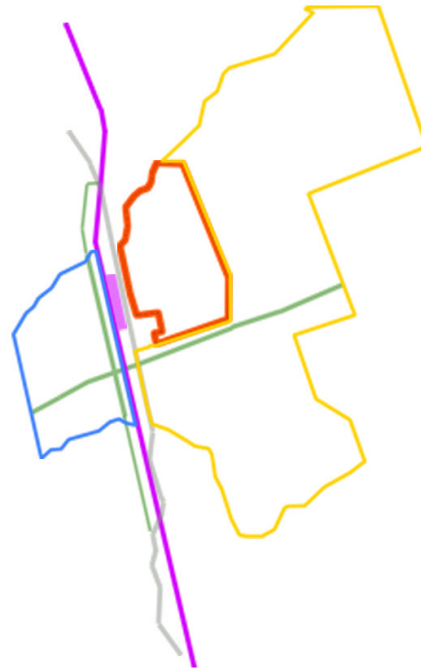
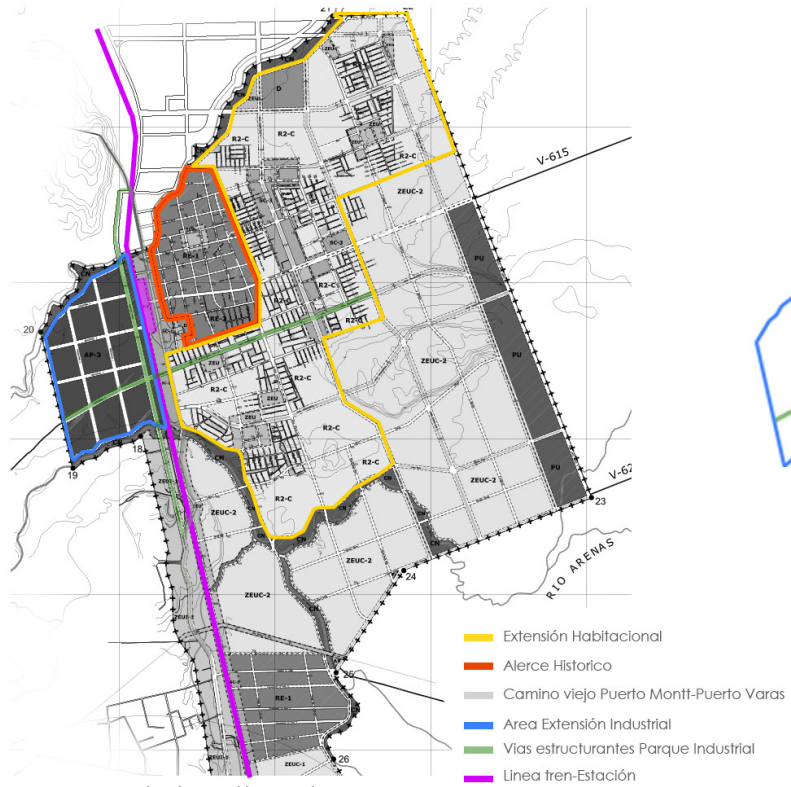
Contrasta con esto, las nuevas urbanizaciones de viviendas básicas o sociales, donde el material predominante es del tipo industrial, como planchas de yeso y de zinc, estucadas y pintada, compuesto por residentes provenientes de distintos lugares. Se produce una escasa vinculación física, funcional y de identidad urbana con el poblado original lo que genera una clara diferenciación entre los habitantes antiguos de la zona y los nuevos, contribuyendo a la segregación. A esto se le suma la falta de fuentes laborales, las deficiencias de infraestructura técnica y social, el incremento de costos para trasladarse, la alta densidad de la urbanización, y la precariedad de las condiciones naturales donde se emplazan el proyecto.

5

Fuente: Actualización pladeco-Puerto Montt 2011

6
2011

Fuente: Actualización pladeco-Puerto Montt



Crecimiento ciudad satélite Alerce

Fuente: Fotos satelitales google Earth intervenidas.



2003



2010



2014

.Área de extensión industrial- Ciudad Satélite Alerce.

Cuando se planea la ciudad satélite, junto con ella se proyecta un área de extensión industrial donde debía realizarse un parque industrial para otorgar una fuente laboral y un sustento al lugar. Es decir “Un parque industrial para dar relativa autonomía y sustentabilidad económica al asentamiento” (MINVU, 1997; 2001). Sin embargo esta situación no se materializa, debido por una parte a la condición aislada del poblado y por otra a la falta de recursos al no existir empresas interesadas en ubicarse en esta área.

La extensión industrial de esta ciudad cuenta con 751.482 m² o 75,14 Ha y se localiza en el sector poniente bordeando a la línea del tren y a la antigua estación Alerce. Esta área se estructura a partir de 2 vías principales, por un lado una vía transversal (AV. Transversal) que conecta directamente con la ciudad y un bypass longitudinal proyectado (AV. Estación), que cumple la función de adentrar los flujos hacia la extensión industrial sin interrumpir el flujo de la AV. Gabriela Mistral, que conecta Puerto Montt con Puerto Varas. En cuanto a sus límites naturales, 2 ríos limitan el norte y el sur, Río Negro y Río Arenas respectivamente.

Por lo tanto, se ve en esta área de extensión industrial una oportunidad para el desarrollo de un proyecto de arquitectura, que de alguna manera responda al fallido planeamiento que ha tenido la ciudad y materialice una respuesta las necesidades sociales, urbanas y económicas que presenta.



Fuente: Esquema propio, vialidad propuesta al 2018 según Plan PCPM

.Terreno.

Las decisiones tomadas para la elección del terreno corresponden a 3 lineamientos. Por un lado se busca una cercanía con la ciudad para lograr una mayor relación y accesibilidad peatonal, por otro lado se busca una

cercanía con la línea del tren y con la estación histórica por un tema de futura conexión directa, finalmente se busca un terreno que oriente de alguna manera el crecimiento y desarrollo de esta área industrial. Por lo tanto se opta por la manzana que se encuentra inscrita en las vías estructurantes antes planteadas.

NORMATIVA VIGENTE. ZONA AP 3 – ÁREA EXTENSIÓN INDUSTRIAL

21. ACTIVIDADES PRODUCTIVAS 3 / AP-3		
USOS DE SUELO PERMITIDOS AP-3		
EQUIPAMIENTO	CIENTIFICO	Permitido.
	COMERCIO	Permitido.
	CULTO Y CULTURA	Permitido.
	DEPORTE	Permitido.
	EDUCACIÓN	Permitido.
	SALUD	Permitido.
	SEGURIDAD	Permitido.
	SERVICIOS	Permitido.
ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	SOCIAL	Permitido.
	INDUSTRIA	Sólo inofensivas y molestas.
	INST. DE IMPACTO SIMILAR	Sólo inofensivas y molestas.
USOS DE SUELO PROHIBIDOS AP-3		
Uso residencial y todos los usos de suelo no mencionados como permitidos.		
CONDICIONES DE EDIFICACIÓN AP-3		
TERRENO	SUPERFICIE DE SUBDIVISIÓN PREDIAL MÍNIMA	1000 m ² .
EMPLAZAMIENTO	SISTEMA DE AGRUPAMIENTO	Aislado.
	ADOSAMIENTO	Prohibido.
	ANTEJARDÍN MÍNIMO	8 m.
VOLUMEN EDIFICADO	COEFICIENTE DE OCUPACIÓN DE SUELO	0.5
	COEFICIENTE DE CONSTRUCTIBILIDAD	1
	ALTURA MÁXIMA	Según rasantes.
NORMAS ESPECIALES	Los distanciamientos hacia los deslindes serán de 5m.	

Fuente: Ordenanza local, Plan Regulador Puerto Montt, 2008.

ESTRUCTURA ESPACIAL TERRENO



VÍAS ESTRUCTURANTES

LÍNEA DEL TREN

CIUDAD



Fuente: Esquema propio que indica el área y medidas de los frentes de la manzana propuesta según vialidad proyectada.

.Fotos.



Fuente: Fotografía panorámica propia, vista de la línea del tren hacia el poniente.



Fuente: Fotografía panorámica propia, vista de la línea del tren hacia el oriente, la ciudad.



Fuente: Fotografía panorámica propia vista del camino, Av transversal, hacia el poniente.



Fuente: Fotografía panorámica propia vista del terreno hacia el poniente.



Fuente: Fotografía panorámica propia vista del terreno hacia el norte.



Fuente: Fotografía panorámica propia, vista del terreno hacia el oriente, la ciudad.

IDEA

.Detonador Parque Industrial.

Luego de comprender que el planeamiento urbano que tuvo Alerce contemplaba un desarrollo industrial para lograr sustentar a la ciudad el cual no se lleva a cabo por diferentes situaciones tanto administrativas como económicas, se abre la posibilidad de solucionar una problemática urbana y social mediante un proyecto de arquitectura, entendiendo a este como un detonador para el parque industrial planteado por el plan regulador de Puerto Montt, definiéndose como una fuente de energía renovable que puede sustentar la demanda energética de la ciudad y del funcionamiento del parque industrial, materializando de esta manera fuentes de trabajo directas y desarrollo local.

.Fuente de energía- Bioenergía/Biomasa.

“La bioenergía es la fuente de energía renovable que más aporta en la matriz energética mundial. También es la más versátil, puesto que es capaz de proveer energía térmica, electricidad y combustibles para el transporte vehicular. Actualmente aporta 16.600 TWh (Tera vatio-hora) de energía al año y las proyecciones de la Agencia Internacional de la Energía indican al 2050 su contribución llegará a los 45.000 TWh”.

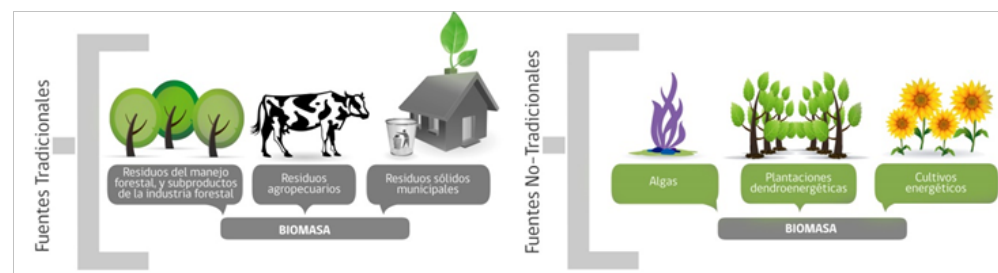
7
2012

Fuente: IEA, International Energy Agency,

La Biomasa se define como toda materia orgánica posible de un aprovechamiento energético, encontrándose en esta definición, desechos forestales, cultivos agrícolas, residuos de animales, entre otros. El aprovechamiento de la biomasa a través de procesos termoquímicos o bioquímicos produce bioenergía y biocombustibles, los cuales se enmarcan dentro del grupo de las Energías Renovables No Convencionales, convirtiéndose en una alternativa viable frente a la producción de energía a partir de combustibles fósiles.

Desde un punto de vista internacional la producción de bioenergía es una realidad, específicamente en los países nórdicos, principalmente por la gran cantidad de desechos forestales y por la serie de beneficios que otorga, entre los que se encuentran: la generación de empleo, desarrollo local y por otro lado la disminución de emisiones nocivas que afectan a nuestro medio, colaborando eficazmente con la disminución del efecto invernadero.

La energía que contiene la biomasa, es energía solar almacenada a través de la fotosíntesis, proceso mediante el cual, algunos organismos vivos, como



Fuente: Esquema reporte semanal antena tecnológica bioenergía, CER-2013

las plantas, utilizan la energía solar para convertir compuestos inorgánicos (CO₂), que asimilan en compuestos orgánicos. Durante procesos de conversión tales como la combustión, la biomasa libera su energía, a menudo en la forma de calor, y el carbón se oxida nuevamente a dióxido de carbono para restituir el que fue absorbido durante el crecimiento de la planta. Esencialmente, el uso de la biomasa para la energía es la inversa de la fotosíntesis.

“Las emisiones de CO₂ que se producen, al proceder de un carbono retirado de la atmósfera en el mismo ciclo biológico, no alteran el equilibrio de la concentración de carbono atmosférico, y por tanto no incrementan el efecto invernadero. Su uso contribuye a reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera siempre que sustituya a un combustible fósil.”⁸

De acuerdo a lo anterior, la biomasa representa un combustible amigable con el medio, ya que tiene un balance neutro en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), es decir mediante un proceso de combustión, las emisiones que se liberan forman parte de la atmósfera actual y no del subsuelo como el gas o el petróleo, donde todo

el carbono liberado permanecía almacenado y no formaba parte de nuestro medio. Por lo tanto podemos decir que el carbono liberado por una planta de generación que utiliza biomasa como combustible, reconstituye un ciclo que nació en la fotosíntesis, por lo que al liberarse se restituirá a la atmósfera para una nueva captación de la materia vegetal.

En cuanto a los procesos de conversión utilizados para extraer la energía de la biomasa, estos se denominan termoquímicos “...donde se produce la descomposición de la biomasa por medio de calor” y procesos bioquímicos “... que ocurren en presencia de microorganismos o medios de reacción para actuar como catalizadores”.⁹

En este proyecto se considera el uso de procesos termoquímicos, específicamente de combustión directa con cogeneración, es decir “...tecnología similar al proceso de combustión directa, pero en lugar de generar únicamente energía térmica también se produce electricidad, mediante la utilización de turbinas que aprovechan el vapor generado en la caldera, con un rango de potencia en general menor a 250 MW”.¹⁰

⁹ Fuente: Energía Biomasa, CER, ministerio de energía.

¹⁰ Fuente: EPA, 2008

Se escoge este tipo de conversión debido principalmente a que es la tecnología más usada en Chile y en el mundo, además de ser el método más económico en cuanto a generación de energía térmica. Por otro lado maneja porcentajes altos en cuanto al factor de planta o factor de capacidad, el cual se refiere al cociente entre la energía real generada por la central eléctrica durante un período (generalmente anual) y la energía generada si hubiera trabajado a plena carga durante ese mismo período, “... que puede alcanzar está entre 76 y 91% (OECD/IEA, 2007). En cuanto a la eficiencia en la conversión, ésta depende del tipo de energía generada, sin embargo, al cogenerar la eficiencia se encuentra cercana al 80% (EPA, 2008)”.

Por otro lado un dato relevante a manejar y a tener en cuenta es que, según la DECC (Department of Energy & Climate Change-2012) la generación de empleo de una planta de generación mediante combustión directa es de 14,5 empleos por MWe (Megavatio eléctrico) de producción. Por lo que según a la capacidad de generación de un proyecto de estas características nos va a dar una idea de cuánto trabajo se puede generar.

⁸ Fuente: www.imartec.es- Biomass energy evolution

.Cultivos Energéticos-Dendroenergéticos.¹¹

“Para incrementar la oferta de biomasa se ha instalado el concepto de cultivo dendroenergético o cultivo de rotación corta, vale decir, aquellos que tienen la finalidad exclusiva de producir biomasa transformable en biocombustibles para la producción de energía”¹²

Al pensar en querer utilizar la biomasa para fines energéticos, resulta importante indagar en la manera de cultivar esta, y así tener un sustento en cuanto materia prima a utilizar. De esta manera nace el concepto de Cultivo energético o Dendroenergético y se refiere a la idea de generar materia prima homogénea, rotativa y controlada, para producir altos rendimientos de biomasa por unidad de superficie en distintos tipos de suelo, aprovechando de esta manera una alta eficiencia de las características del sitio. Gracias a esto es posible desarrollar biomasa con buena tolerancia a las sequías y a las plagas de insectos.

Es importante señalar que en el ámbito de estos cultivos existen diferencias de unos con los otros, pero en térmi-

nos generales podemos hablar de dos grupos: Por un lado destacan los cultivos agrícolas en donde se utiliza la parte comestible de la materia y principalmente se emplean para producir biocombustibles como el etanol y el biodiesel. Por otro lado se denomina cultivos energéticos netamente a los que aprovechan la mayor parte de la biomasa exclusivamente para la generación de energía, como los que se destinan para la producción de leña, denominados según su definición más aceptada como Short Rotation Woody Crops (SRWC-cultivos leñosos de corta rotación).

Los SRWC y como su nombre lo indican son cultivos con ciclos de cosecha cortos, generalmente entre uno a quince años, utilizando técnicas intensivas de cultivo, como por ejemplo: selección de material genético, fertilización, riego y control de malezas, ya que generalmente se utilizan especies con alta capacidad de regeneración.

Ahora bien para tener una base de lo que se ha probado en Chile con respecto a este tipo de cultivos y escoger tipos de especie que respondan de buena manera a un proceso de conversión, se recurre a especies de biomasa, provenientes de ensayos

instalados a partir del 2011 en la zona centro sur de Chile, por BIOCOSMA, Empresa Consorcio Tecnológico de Biocombustibles S.A en conjunto con la Universidad de Chile cuyo objetivo es la caracterización fisicoquímica de la biomasa y técnicas de pretratamiento para conversión energética. Estas son:

- _Acacia dealbata
- _Arundo donax
- _Acacia melanoylon
- _Robinia pseudocacia
- _Eucalyptus camaldunensis
- _Acacia mearnsii
- _Clones de híbridos de Populus

.Desarrollo investigativo y experimental.

De acuerdo a lo anterior, surge la idea de complementar a este sistema de generación energética con un proceso experimental, investigativo y de desarrollo, produciendo materia prima y pudiendo aplicar la investigación y experimentación en un producto tangible. Por lo tanto se escoge indagar en el cultivo de biomasa leñosa disponible en Chile, comenzando por la base de estas siete especies, pero pudiendo expandirse a especies de la zona. La

principal idea es evaluar el comportamiento de la biomasa, del punto de vista fisicoquímico, es decir la densidad básica y componentes químicos lignocelulósicos (fuente de carbono renovable), en conjunto con el comportamiento energético que está relacionado principalmente con el poder calorífico y porcentaje de cenizas mediante procesos de combustión. Además de esto, se hace posible indagar en la utilización de estas cenizas como abono para los cultivos, ya que manejan una gran cantidad de potasio, fósforo, magnesio, entre otros nutrientes, que resultan esenciales para el correcto crecimiento de las especies, por otro lado contribuye a aumentar el pH del suelo y para neutralizar los suelos ácidos.

Bajo esta perspectiva, se pretende relacionar talleres y laboratorios, complementando la ciencia con el trabajo colaborativo, pudiendo aplicarlo a un producto final. Por lo tanto el proyecto debe tomar esta línea experimental e investigativa como un eje educativo, tanto para la localidad como para el país, fomentando de esta manera el desarrollo de las Energías Renovables No Convencionales.

¹¹ Dendrología: Ciencia que estudia la identificación los árboles

¹² Fuente: Caracterización de biomasa leñosa con fines energéticos disponibles en Chile- Carmona, Urzúa- Facultad CFCN, Universidad de Chile, 2013.

PROPUESTA “Planta de Producción e Investigación Bioenergética”.

De acuerdo a la información analizada y respondiendo a la problemática social y económica del sector de Alerce, se propone el desarrollo de un edificio de carácter industrial, experimental y de investigación, destinado a la producción de energía a través de Biomasa mediante combustión directa con cogeneración. Por medio de este proyecto, se pretende incentivar la creación de un parque industrial que se transforme en un sustento para esta ciudad, una fuente laboral directa y un beneficio para la capital regional.

.Capacidad de la planta.

Antes de centrarse en el diseño de la planta, resulta necesario conocer los principales factores que influyen a la hora de dimensionar un proyecto con estas características. Por lo tanto es necesario conocer la capacidad energética, que está directamente relacionado con las dimensiones de las maquinarias y la cantidad de biomasa a incinerar.

Desde este punto de vista se pretende suplir la demanda energética residencial de la ciudad satélite y una parte de un futuro parque industrial, por lo que la capacidad responde al gasto

energético de los grupos familiares que habitan en el sector, a una parte del gasto de las futuras industrias que se localizarían en el parque industrial y al gasto energético de la propia planta. Cuando nos referimos al consumo de un grupo familiar, podemos basarnos en datos promedios. Según la cámara chilena de la construcción (MINUTA CEC N° 25 Construcción del Gasto Electricidad Hogares en Chile. 30 julio 2013) el consumo familiar promedio mensual es de 240,6 KWh (Kilovatio hora), lo cual visto en un año equivaldría a 2887,2 KWh año o a 2,8 MWh (Megavatio hora) año. De esta manera se obtiene el consumo promedio anual de una familia chilena. Ahora bien, de acuerdo a los datos entregados por la memoria del Plan centro Puerto Montt 2014, se puede hablar de aproximadamente 50000 hab en la ciudad satélite de Alerce con una proyección al 2030 de 80000 habitantes según el MINVU. Suponiendo grupos familiares de 4 personas podríamos decir que hoy existen aproximadamente 12.500 familias en el sector de Alerce con una proyección de 20.000 familias. Así, el consumo proyectado en un año para 20.000 familias se obtiene multiplicando la cantidad de grupos familiares por el consumo promedio anual, lo cual sería 57.744 MWh año.

Pero esto **¿Qué significa?** O **¿Qué capacidad debería tener una planta para sustentar esta demanda?** Esto se mide de acuerdo a la potencia térmica y eléctrica que tiene la caldera en un sistema de cogeneración en Mwth (Megavatio térmico hora) y MWe (Megavatio eléctrico hora) respectivamente. Por lo tanto, suponiendo 8000 horas anuales de producción según funcionamiento de plantas en Alemania y España, bastaría con dividir la demanda energética anual de la ciudad por las horas de funcionamiento promedio y se obtendría la potencia mínima necesaria, la cual corresponde a 7,2 Mwe, lo que significa que en promedio la planta debería producir mínimo 7,2 Megavatios eléctricos por hora para sustentar los grupos familiares de Alerce.

Tomando en cuenta esta información, se proponen 2 líneas de producción iguales de 7,2 Mwe, una para sustentar la demanda energética residencial y otra para sustentar los gastos energéticos de la planta y brindar un porcentaje de energía a un futuro parque industrial. Esto significa que cada línea de producción propuesta cuenta con las maquinarias necesarias para el proceso de combustión, tratamiento de agua, limpieza de gases y gen-

eración de energía eléctrica. De esta manera, para saber aproximadamente el gasto energético que generaría una línea de producción de este tipo, me base en la planta de biomasa forestal Energía León S.A, ubicada en Coelemu (Región del Bío-Bío) de 7,1 Mwe de potencia, donde el 15% es destinado a consumo propio, aproximadamente 1,1 Mwe en el día y 0,8 Mwe en la noche¹³. Por lo tanto tomando en cuenta 2 líneas de producción de este tipo, se destinarían 2,2 Mwe para consumo propio y 5 Mwe destinados al futuro Parque industrial.

En resumen:

Línea de producción 1 --> 7,2 Mwe supliendo la demanda energética residencial de Alerce.

Línea de producción 2 --> 7,2 Mwe supliendo consumo propio de 2,2 Mwe y 5Mwe destinado al Parque Industrial.

De acuerdo a la potencia energética de las líneas de producción, se puede calcular la cantidad de biomasa que debe incinerar la planta para producir esa cantidad de energía eléctrica. Para esta conversión, 3 factores resul-

tan importantes y están directamente relacionados, los cuales son por un lado la eficiencia de la planta al cogenerar (según EPA alcanza el 80%), el contenido de humedad de la materia y las calorías por unidad de masa o poder calórico, el cual determina la energía disponible en la materia. De esta manera, un elevado porcentaje de humedad reduce la eficiencia de la combustión debido a que una gran parte del calor liberado se usa para evaporar el agua y no se aprovecha en la reducción química de la biomasa.

De esta manera en biomasa con un 8 % de humedad (relación de la masa de agua contenida por kilogramo de materia seca) con un 80 % de eficiencia y 4445 Kcal/kg (Kilocalorías/Kilogramos) Se necesitan 1779 kg o 1,78 toneladas de biomasa por hora de producción para producir 7,2 Mwe.¹⁴

Calculando esto a 8000 horas anuales y para 2 líneas de producción, podemos decir que la cantidad de biomasa necesaria para producir 14,4 Mwe, anualmente corresponde a 28.480 toneladas.

¹⁴ Fuente: Datos sacados del Input y Output de los sistemas de caldera Hurst Boiler and Welding co.inc.

.Definición del proceso.

Una vez definida la capacidad de la planta, se debe comprender de manera detallada el proceso de producción de energía, el cual podemos separar en 3 instancias básicas; la primera es la llegada de biomasa a la planta y su introducción a una zona de acopio; la segunda es el proceso de inserción a la caldera, combustión, tratamiento de agua, producción de vapor y limpieza de gases; y finalmente la generación de electricidad por medio de una turbina de vapor, generador e introducción al SIC.

.Primera instancia, llegada de materia prima, pesaje y acopio.

De acuerdo a la cantidad de biomasa que debe recibir la planta para generar la energía necesaria, se puede definir el número de camiones diarios que traen consigo la materia. La planta combustiona aproximadamente 28.480 toneladas al año, por lo que diariamente deberían ingresar 79 toneladas de biomasa. Para transportarla, se utilizan camiones diseñados para depositar por gravedad la materia, el volumen que puede transportar es de 40m³ y 10 toneladas, por lo

tanto se necesitan 8 camiones diarios para otorgar la cantidad de biomasa necesaria.

.Materia prima.

Para suplir la demanda de biomasa que generaría esta planta, en una primera etapa se propone la erradicación del Ulex europaeus o más conocido en la zona como chacay, arbusto considerado a nivel internacional como una de las plagas que más afecta la biodiversidad actuando con agresividad sobre la vegetación nativa, asimismo afecta la actividad agrícola y forestal, permite la proliferación de roedores y vectores y es un foco permanente de incendios forestales. De esta manera *“se reconoce una de las plagas más severas de la agricultura y forestaría de las Regiones VIII, IX, XIV y X de Chile”*.¹⁵

En el sector, puede reconocerse una gran abundancia de esta especie, específicamente en el área a trabajar. El Ulex, alcanza su estado adulto a los 4 o 5 años midiendo aprox. 2,50 m de altura. De acuerdo a la revista Chile Forestal, el Ulex una vez establecido alcanza una productividad de 6,0 Ton. MS/ha. (Materia seca por hectárea) En plantas

¹⁵ Fuente: MATTHEI, O. Manual de las malezas que crecen en Chile. Santiago, Chile. (1995).

de un año de edad y alcanzando un total de 77 Ton. MS/ha. A los 10 años.¹⁶

El proceso de extracción de esta especie se da a través de máquinas chipeadoras (Trituradora de madera), se astilla el Ulex en terreno y se deposita en camiones que son dirigidos a la planta. Una vez que ingresan estos son pesados mediante básculas para vehículos, las cuales registran las cantidades suministradas, transmitiendo los resultados a una central de adquisición de datos. Luego de esto la biomasa es depositada a un contenedor de 980 m³ de capacidad, pudiendo contener 392 toneladas de Ulex con una densidad aparente de 400 kg/m³, aproximadamente para 5 días de producción.

Una vez erradicada esta maleza, y como segunda etapa se propone restituir la demanda de biomasa mediante desechos forestales, desechos de aserraderos, plantaciones Dendroenergéticas, entre otros.

¹⁶ Fuente: CHILE FORESTAL. “Buscan soluciones para la amenaza del Ulex Europaeus L” N°144, Marzo 1985.

Cantidad de Ulex por hectárea



.Segunda instancia, proceso de introducción a la caldera, combustión, tratamiento de agua, producción de vapor y limpieza de gases.

Una vez dejada la biomasa astillada en el contenedor, por medio de una grúa (garra) que puede levantar 3 toneladas de una sola vez, se introduce la materia a un piso de fondo móvil, formado por correderas de acero paralelas compuestas por cuñas metálicas. El sistema es accionado mediante cilindros hidráulicos que con un lento movimiento hacia adelante y hacia atrás, empujan las astillas para ir desplazándola según el ritmo de consumo necesario en cada momento, dirigiendo la materia triturada a un canal vibratorio, pasando por un dosificador de tornillo sin fin, alimentando de esta manera, a 2 cintas transportadoras que respectivamente introducen la materia a las cámaras de combustión.

De las 75,14 Ha que corresponden al área de extensión industrial Alerce, aproximadamente 49 hectáreas contienen la materia vegetal Ulex, lo que según los datos obtenidos correspondería a 3773 toneladas aprox. pensando en plantas adultas. Esta cantidad corresponde a aproximadamente un 13 % de la materia necesaria para un año de producción.

Fuente: Ulex por hectarea, elaboración propia a partir de imagen google Earth

.Combustión y limpieza de gases.

Cada línea de producción propuesta se compone de una [Cinta transportadora](#), [Caldera](#), un [Súper calentador](#), un [Multi-ciclón](#), un [Economizador](#) de agua, un [Precipitador Electroestático](#), Un sistema de [Estanque de agua](#) con 2 bombas centrifugas y un sistema de generación eléctrica, es decir, [Turbina](#), [Generador](#), [Transformador](#) y [Condensador](#) con 2 [Torres de Refrigeración](#).

La biomasa ingresa por la parte inferior de la caldera, diseñada con una parrilla vibratoria inclinada que incinera homogéneamente la materia. Esta zona se denomina cámara de gasificación. En esta, a medida que la materia ingresa, se introduce entre 25 y 50 % del aire requerido para lograr que la materia gasifique pero no combustione completamente, de esta manera la biomasa se convierte en gas. Estos gases suben hacia la parte superior de la caldera, donde se introduce el aire necesario para producir ignición (Punto de inflamación), logrando de esta manera la combustión. La temperatura que alcanza este sistema está entre 537° y 982° C. De esta manera, la sección de agua contenida en la membrana tubular encima del horno,

absorbe el calor radiante de la zona de ignición y el calor de los gases de combustión por convección, es decir, transferencia de calor por medio del movimiento del fluido, en este caso gas.

La biomasa naturalmente disipa pequeñas partículas de combustible fuera de la caldera, las cuales son atrapadas por tolvas. Mediante efecto Venturi parte de estas partículas son impulsadas a través de un ventilador de alta presión de vuelta a la caldera, completando el ciclo de combustión.

Los gases salen de la caldera entre 204° y 260° C, pasando a un Súper calentador que tiene la función de traspasar la temperatura de los gases de combustión y restituir 49° C al vapor, perdidos durante el proceso. De esta manera los gases pasan al primer filtro, Multi-ciclón o recolector de cenizas, donde por fuerza centrifuga las partículas grandes se contiene en su parte baja dejando el paso al aire limpio en la parte superior, aproximadamente el 95 % de las cenizas volantes son contenidas acá, reinyectándolas a la cámara de gasificación mediante una esclusa de aire rotativo, para asegurar la combustión completa de todos los com-

bustibles. El resto de las partículas son atrapadas por el segundo filtro o precipitador electroestático en un 99% de eficiencia, el cual funciona mediante ionización, atrayéndolas por una carga electrostática inducida. En este caso la ceniza atrapada se deposita en una tolva transportadora que junto con la ceniza de la caldera, se introducen a contenedores y son removidas mediante carretillas elevadoras. Luego de esto y mediante un Ventilador de tiro inducido se liberan las emisiones a la atmosfera por la chimenea de escape.

La planta es manejada desde la sala de control, la cual siempre está en operación las 24 horas del día, durante todo el año. La combustión es controlada por procesos computarizados, desde la alimentación de la cantidad de residuo, la cantidad de aire en las diferentes zonas, la temperatura, emisiones de gases, entre otras funciones.

Tratamiento de agua, producción de vapor

El Agua precipitada por la lluvia durante su ciclo natural absorbe del aire CO₂ y O₂, y también disuelve una serie de compuestos minerales formados mayormente por Si (Silicio), Ca (Cal-

cio) y Mg (Magnesio). Estas sustancias minerales se disuelven en el agua y se traducen en inconvenientes para su aplicación directa en el proceso productivo, ya que son sensibles a incrustarse. Para transformar el agua en vapor, esta debe estar libre de agentes salinos e impurezas, es por esto que debe ser tratada antes de su uso. En primer lugar se conduce el agua recogida de napas subterráneas hacia un tratamiento mediante osmosis inversa, gracias al cual se hace una primera eliminación de sales, y posteriormente encontramos una segunda fase o post tratamiento con electrodeionización, para eliminar las impurezas restantes.

El corazón de cualquier sistema de vapor es la bomba de agua de alimentación, donde se bombea el agua necesaria hacia los tubos o recipientes generadores, aprovechando la temperatura de la caldera y produciendo vapor. El sistema de una línea de producción incorpora 2 bombas centrifugas manejadas mediante válvulas dosificadoras. Existe un control automático de la bomba, donde por medio de un flotador interno se detecta los cambios de nivel del agua y mecánicamente activa los interruptores que inician y detienen el bombeo.

.Tercera instancia, generación de electricidad por medio de turbina de vapor, generador, condensador con torres de refrigeración e introducción al SIC.

El ciclo de potencia para convertir el flujo de vapor en electricidad se denomina ciclo Rankine, en este, el vapor es producido en la caldera y es conducido a una turbina y un generador. Cuando deja la turbina, el vapor es conducido al condensador donde pasa de estado gaseoso a líquido, producto del enfriamiento producido por las torres de refrigeración. El condensado de agua, es bombeado vía alimentación de tanques de agua de vuelta a la caldera de vapor. Algo de los vapores también es usado dentro de la planta para procesos de calentamiento.

El ciclo comienza cuando el agua del tanque alimentador es bombeada a alta presión al tambor de la caldera de vapor. En el camino es precalentado por el economizador alcanzando el punto de ebullición. Los gases calientes en el proceso de combustión, transforma el agua en vapor a grandes presiones y es calentando en un súper calentador ya que la alta presión y la

alta temperatura mejoran la eficiencia en la turbina. El vapor pasa a alta presión a la turbina por medio de un distribuidor de alta presión. La energía del flujo de vapor se convierte en energía mecánica, transmitiéndola a un generador para producir electricidad y este a un transformador para cambiar la tensión y distribuirla al Sistema Interconectado Central.

Luego que el vapor deja la turbina, parte de este pasa a un distribuidor de baja presión donde es reducido para necesidades internas, como operar la absorción de bombeo de calor, para recalentar gases, para calentar aire primario y como vapor propulsor para el sistema de la caldera. El resto, se introduce en un condensador, equipo donde el vapor condensa y cambia al estado líquido evacuando el calor por medio de 2 torres de refrigeración que enfrían el vapor por medio de aire. Posteriormente, el agua pasa nuevamente al tanque de alimentación y luego a la caldera de vapor, cerrando de esta manera el ciclo.

.Sustentabilidad.

Como se planteó en un comienzo, la propuesta busca responder a 3 condi-

cionantes básicas que lleven a un desarrollo sostenible; por un lado un sustento económico dado por la activación del área industrial; por otro una alternativa social que busca contribuir con una fuente laboral al sector de alerce y una respuesta ecológica planteada por la producción de electricidad a través de una energía renovable emitiendo emisiones de Co2 consideradas neutras. Sin embargo, resulta bastante importante tener en cuenta las condicionantes climáticas del sector elegido, ya que van a influir directamente al proceso de diseño sostenible que se propone. El área electa para el desarrollo del proyecto tiene un clima muy marcado y característico de la zona, el cual es templado lluvioso con influencias marítimas, lo que significa una gran abundancia de precipitaciones en todos los meses del año, alcanzando cifras de hasta 234 mm (234 litros por m²) mensuales y un promedio anual de 1802,5 mm (1802,5 litros por m²).¹⁷ De acuerdo a estos datos se propone la recolección del agua lluvia en un estanque, por medio del diseño arquitectónico de la cubierta, ocupando este recurso pluvial como una reserva para el proceso produc-

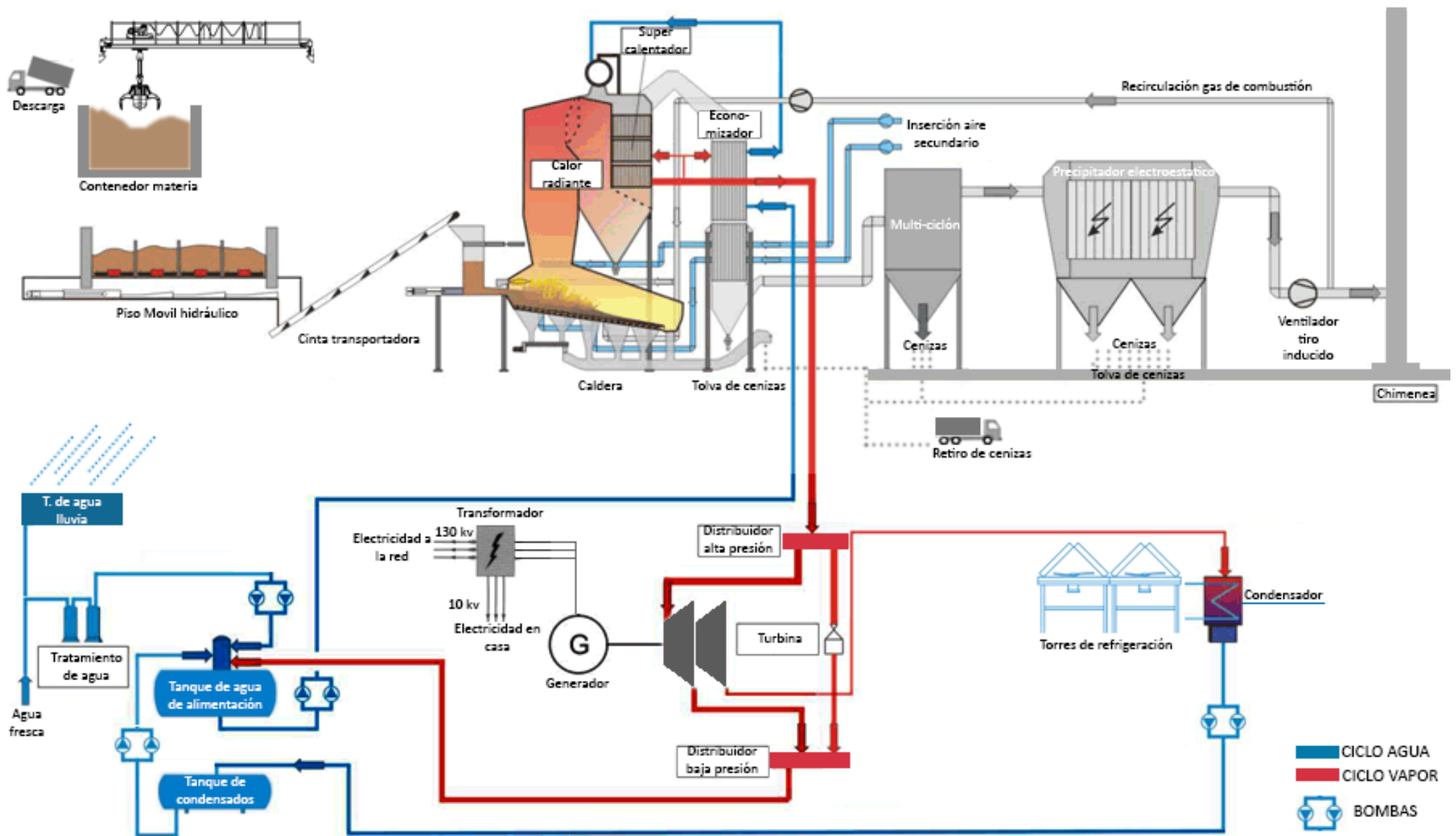
tivo. Este contenedor está conectado a través de bombas con el sistema de tratamiento de desalinización y desmineralización y con el tanque de agua de alimentación, contribuyendo al proceso de producción de vapor y finalmente al de generación eléctrica.

Por lo tanto, de acuerdo a la cantidad de litros de agua que necesita el proceso, puede plantearse la capacidad del estanque que va a actuar como una reserva para este. Cada línea de producción consume aproximadamente 12.000 Lt/h (litros por hora), por lo que el proceso general necesita 24.000 Lt/h para producir la energía necesaria. Para esto se propone una reserva para un día de proceso, conteniendo de esta manera 576.000 litros y una capacidad de 576 m³. Desde este punto de vista, suponiendo 234 mm mensuales de lluvia, el área mínima de recolección destinada a la cubierta debe ser de 2462 m² aprox.

¹⁷
2008.

Fuente datos: Memoria PLC Puerto Montt

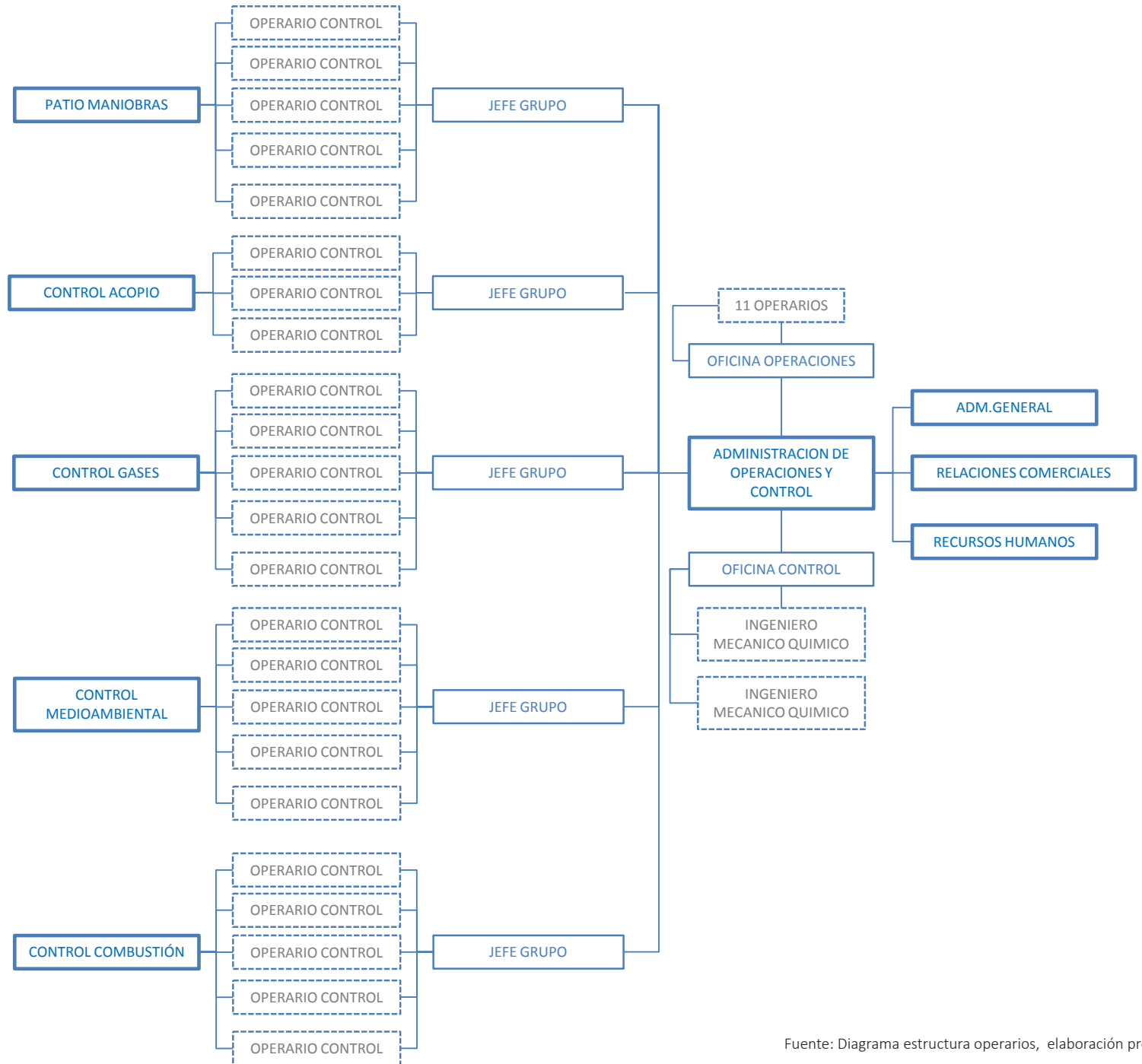
.Diagrama de flujo



Fuente: Diagrama flujo, elaboración propia.

.Estructura de operarios de la planta.

De acuerdo a las operaciones generales de la planta, en relación con su proceso productivo, se desglosa la cantidad de operarios, y los procesos de apoyo que tienen relación con el recurso humano que requiere planta para su funcionamiento. El tipo de organización de estos, genera esquemas de orden y de mando, los cuales se traducen en espacios que van conformando la arquitectura de la planta. De esta manera la parte operativa de la planta queda expresada en el siguiente mapa conceptual.

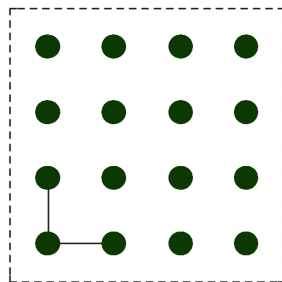


Fuente: Diagrama estructura operarios, elaboración propia.

.Estrategias de cultivos- Sistemas de plantación de arboles.

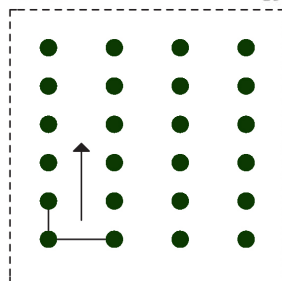
Los siguientes esquemas se refieren a sistemas de cultivos que contemplan los distanciamientos necesarios y geometrías bases para configurar un conjunto armónico en cuanto a un correcto crecimiento y una variación de especies. De esta manera es posible controlar diferentes densidades agregando unidades de relleno, estableciendo con esto una amplia gama de referentes destinados a la experimentación e investigación energética. Por otro lado se hace posible un ordenamiento de las especies que alcanzan su estado adulto antes y las que lo hacen después, previendo un diseño controlado y estableciendo lineamientos manejables para proyectar una buena relación tanto con el proyecto como con su entorno.

Bajo esta perspectiva y respondiendo a la gran demanda de materia tanto para producción, investigación y experimentación, se opta por una plantación triangular ya que logra el cultivo de una gran cantidad de especies, pudiendo alcanzar 320 unidades por ¼ de hectárea



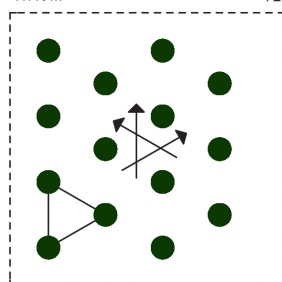
Plantación en cuadrados

separación	árboles en 1/4 ha
4x4m	156
6x6m	69
10x10m	25



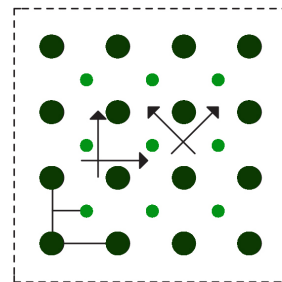
Plantación en rectángulo

separación	árboles en 1/4 ha
2x4m	312
6x6m	69
4x10m	42



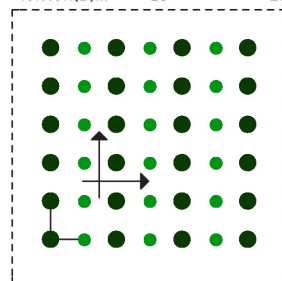
Plantación triangular equilátero

separación	árboles en 1/4 ha
3x3x3m	320
4x4x4m	178
6x6x6m	80



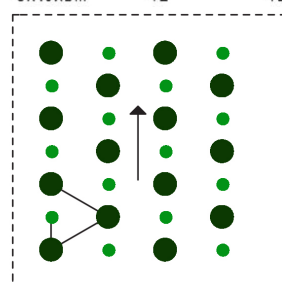
Plantación en cuadrados con 1 ud de relleno

separación	árboles en 1/4 ha	Unidades	ud rell
4x4x(2)m	156	156	
6x6x(3)m	69	69	
10x10x(5)m	25	25	



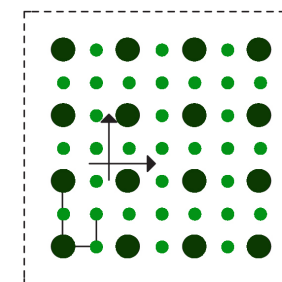
Plantación en rectángulo con 1 ud de relleno

separación	árboles en 1/4 ha	Unidades	ud rell
3x5x2.5m	167	167	
4x6x3m	104	104	
6x10x5m	42	42	



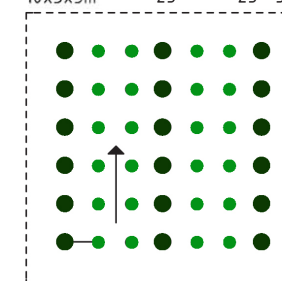
Plantación triangular con 1 ud de relleno

separación	árboles en 1/4 ha	Unidades	ud rell
1.5x3x3m	320	320	
2x4x4m	178	178	
3x6x6m	80	80	



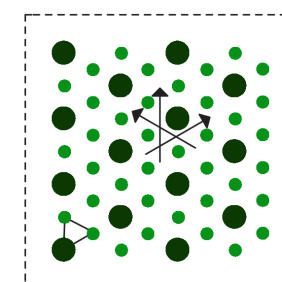
Plantación en cuadrados con 2 uds de relleno

separación	árboles en 1/4 ha	Unidades	1ud	2ud
6x3x3m	69	69	103	
8x4x4m	39	39	58	
10x5x5m	25	25	37	



Plantación en rectángulo con 2 uds de relleno

separación	árboles en 1/4 ha	Unidades	1ud	2ud
3x3m	46	46	184	
4x4m	25	25	104	



Plantación triangular con 2 uds de relleno

separación	árboles en 1/4 ha	Unidades	1ud	2ud
3x3x3m	80	80	160	
4x4x4m	44	44	88	

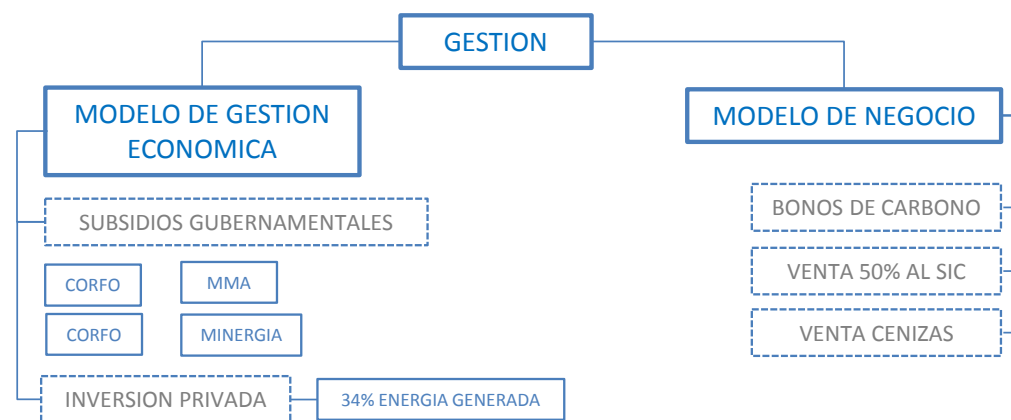
Fuente: Esquemas plantación de árboles, Neufert.

.Gestión.

De acuerdo a la información del Ministerio de Energía y el CER (centro de energías renovables), en el marco del Programa Regional, implementado en octubre de 2011, se realizó un levantamiento de distintas fuentes de financiamiento para desarrollar proyectos de Energías Renovables No Convencionales (ERNC), proyectos que tienen que ver con infraestructura, desarrollo, investigación, entre otros. Algunos de estos instrumentos, no están diseñados específicamente para proyectos de ERNC, pero son aplicables a este tipo de iniciativas (Fuente: Fichas instrumentos de financiamiento-JUN 2014-CER). Por lo tanto, la gestión económica del proyecto se resuelve por un lado mediante subsidios gubernamentales, asesorados por el organismo CORFO, CER, Ministerios como el del medio ambiente (MMA), de energía (, entre otros, y por otro lado mediante inversiones privadas interesadas en localizarse en el parque industrial y recibir el 34% de la energía generada, como sustento energético para su funcionamiento.

El modelo de negocios por su parte se sustenta mediante 3 ejes; Por un lado, La venta de bonos de carbono,

mecanismo internacional de descontaminación para reducir las emisiones contaminantes al medio ambiente y es uno de los tres mecanismos propuestos en el Protocolo de Kioto (Tratado internacional de 1997) para la reducción de emisiones causantes del calentamiento global o gases de efecto invernadero (GEI). Lo que significa que una empresa chilena que disminuye sus emisiones de CO₂, de manera voluntaria, puede vender esta reducción a empresas de países desarrollados que estén obligadas a bajar sus emisiones de GEI, generando beneficios tanto económicos como ambientales. Por otro lado, la venta del 50% de la energía generada al SIC, que será integrada a la red eléctrica de la ciudad y finalmente la venta de cenizas para la generación de compost o abono orgánico.



Fuente: Diagrama gestión, elaboración propia.

DEFINICION CONCEPTUAL

Luego de entender las características del lugar y su contexto, además del proceso de producción de energía y sus principales características, se hace posible elaborar conceptos que van a llevar al desarrollo del proyecto de arquitectura.

Como primera idea, dentro de un proyecto con estas características, donde debe existir un funcionamiento claro para facilitar la totalidad de operaciones, el ordenamiento de los flujos es clave. La totalidad de ellos, desde los recorridos del recurso humano, de transportes y de producción energética, conforman un sistema bastante dinámico que trabaja en conjunto y que puede entenderse como una intersección de entramados que definen espacios. De la misma manera, la vinculación de una línea productora industrial y una investigativa y experimental, trae consigo relaciones espaciales directas e indirectas, las cuales mediante el diseño deben ser controladas.

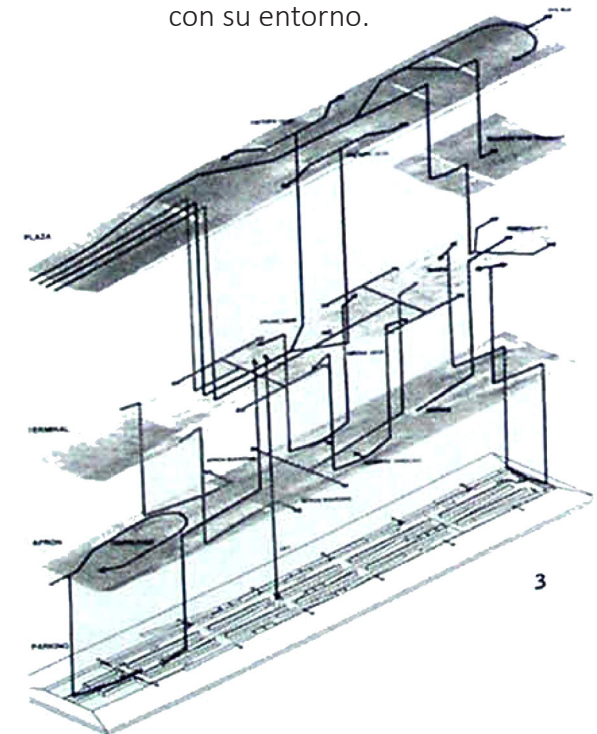
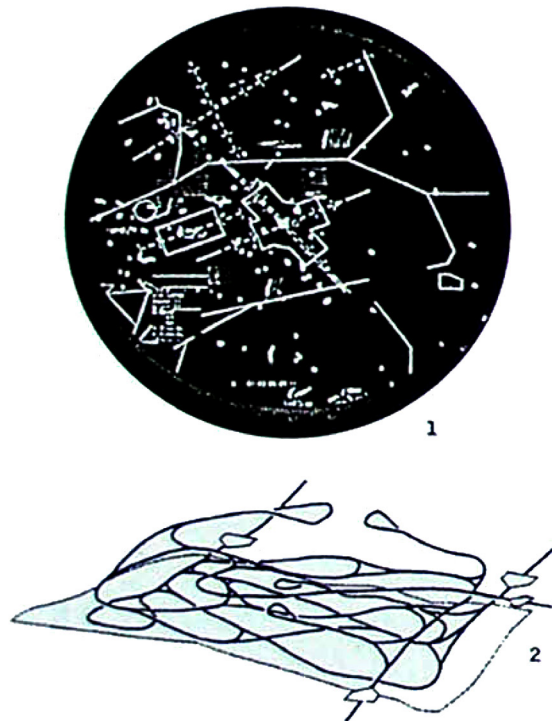
*"Esa conducción enhebrada de los flujos hace referencia, de nuevo, a una serie polivalente de noción y dirección: una posibilidad polivalente de información receptora y codificada-y en algunos casos subliminal- que se encuentra en el propio ambiente de la ciudad. Tramas de flujo como sistema de criterios variables presentados lógicamente. Su condición eidética se revela como la de una para construcción en la que el acuerdo es al mismo tiempo sustancia y tiempo."*¹⁸

18

Fuente: Diccionario Metápolis de Arquitectura Avanzada, pag 236.

Con respecto a esto, el proyecto se define como una línea de producción de energía que actúa como soporte sosteniendo las áreas de administración, experimentación e investigación a través de ejes longitudinales y transversales recorribles. Estos ejes articulan los cuerpos edificados mostrando las principales etapas del proceso, abriendo la posibilidad de conocimiento a visitantes.

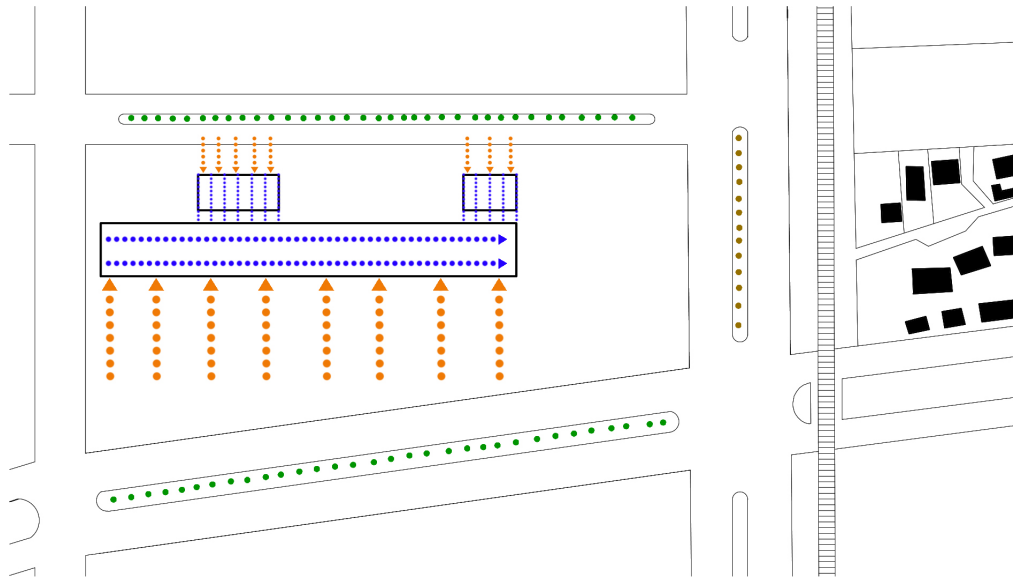
En cuanto a la imagen arquitectónica del proyecto, esta debe responder tanto a su condición industrial como a su relación con el contexto inmediato que es la ciudad residencial, por lo que se manejan 2 escalas, una vehicular dada por el flujo de camiones y una peatonal dada por el recurso humano de la planta y las visitas guiadas. Por otro lado, el uso de la madera como material de identidad zonal, va a recaer en la arquitectura de la escala humana, como forma de mimetizarse con su entorno.



Fuente: Diccionario Metápolis de Arquitectura Avanzada, pag 236; imagen 1. Flujos de información en el control del espacio aéreo; imagen 2. Circulaciones en una biblioteca en VVA, The Berlage Cahiers 5: fields, Studio 95-96, Rotterdam: 010,1997; imagen 3. FOA, Terminal portuaria, Yokohama, Japón, 1995.

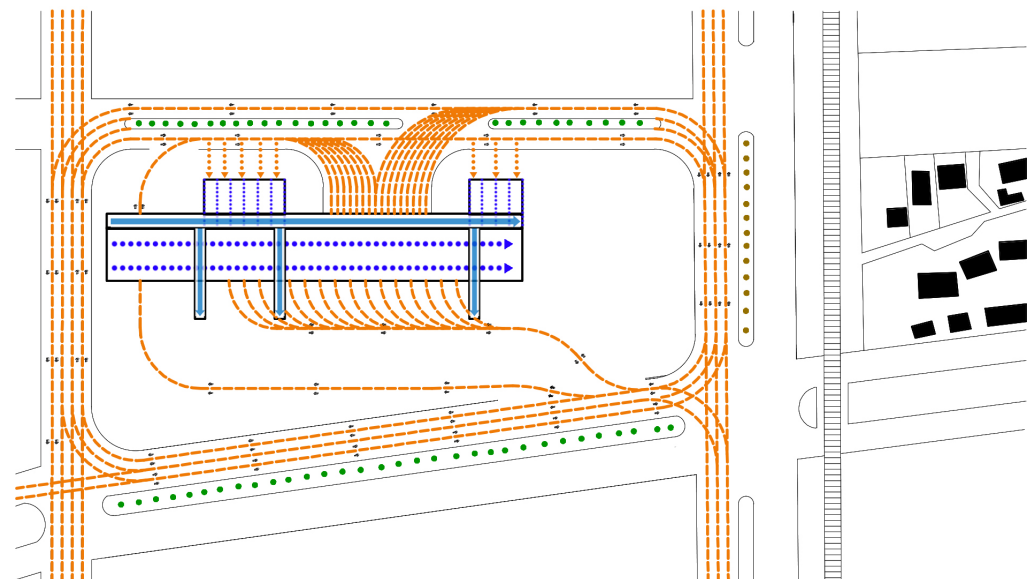
.Estrategias de diseño.

1. Como primera estrategia, se define un volumen lineal y principal que contiene las 2 líneas de producción, y que sostiene 2 volúmenes, uno de administración y otro de experimentación e investigación. Este sistema, se propone ubicarlo en el eje longitudinal del terreno y transversal de la ciudad y el área industrial, esto para dejar hacia el norte los accesos peatonales y hacia el sur los vehiculares.



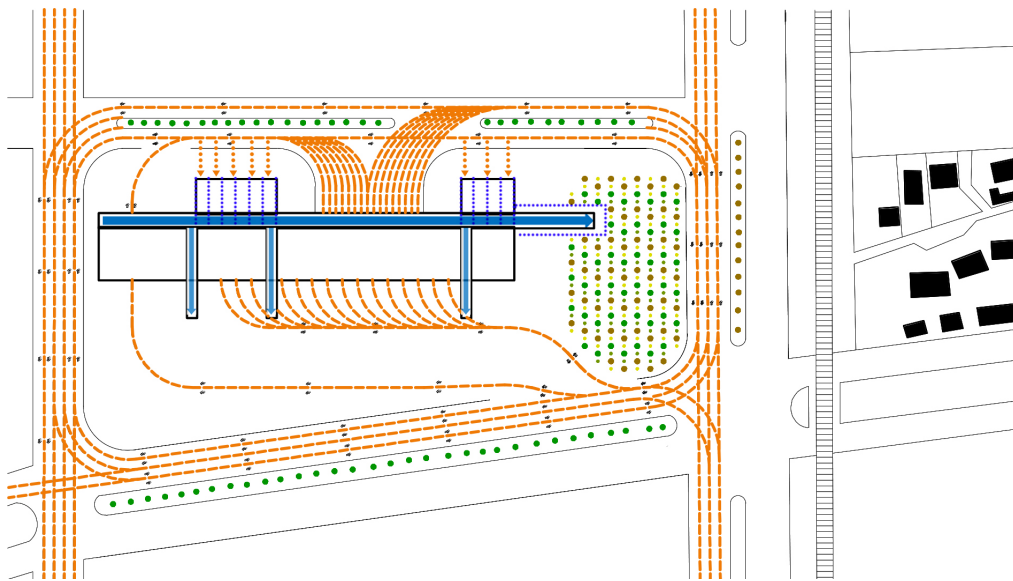
Fuente: Esquema estrategia 1 Elaboración propia.

2. La segunda estrategia tiene que ver con definir los principales flujos vehiculares y peatonales que van a conformar geometrías bases y finalmente espacios. De acuerdo a esto se introduce un recorrido principal que estructura la relación del volumen de producción con los de administración e investigación. Con respecto a los radios de giro de los vehículos, estos se dimensionan priorizando la fluidez de los recorridos.



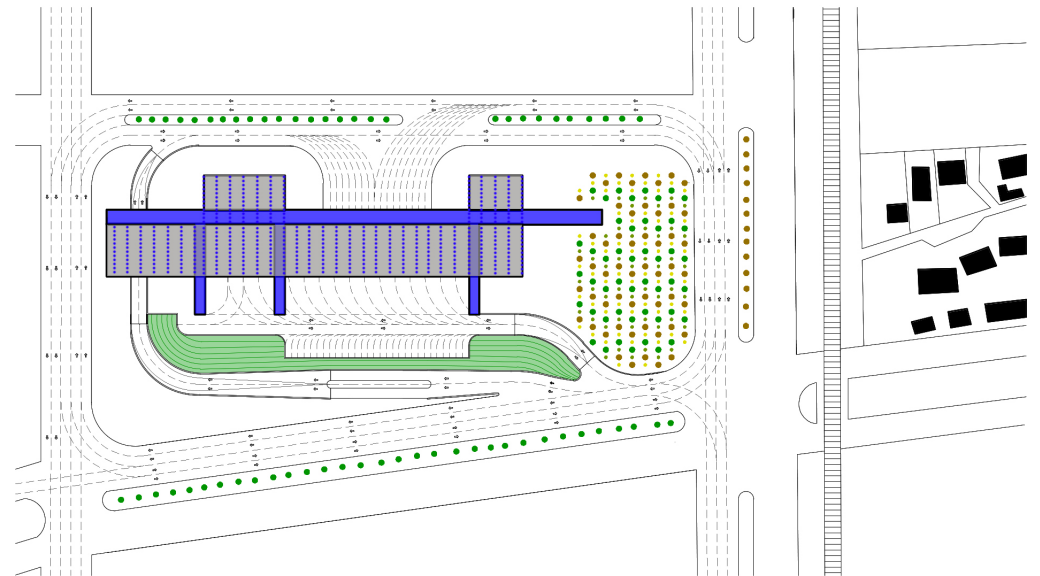
Fuente: Esquema estrategia 2 Elaboración propia.

3. La tercera estrategia define el área cultivable destinada a la experimentación e investigación, basándose en la estrategia de cultivo antes expuesta. Esta área se relaciona con el programa experimental mediante la extrusión del recorrido principal.



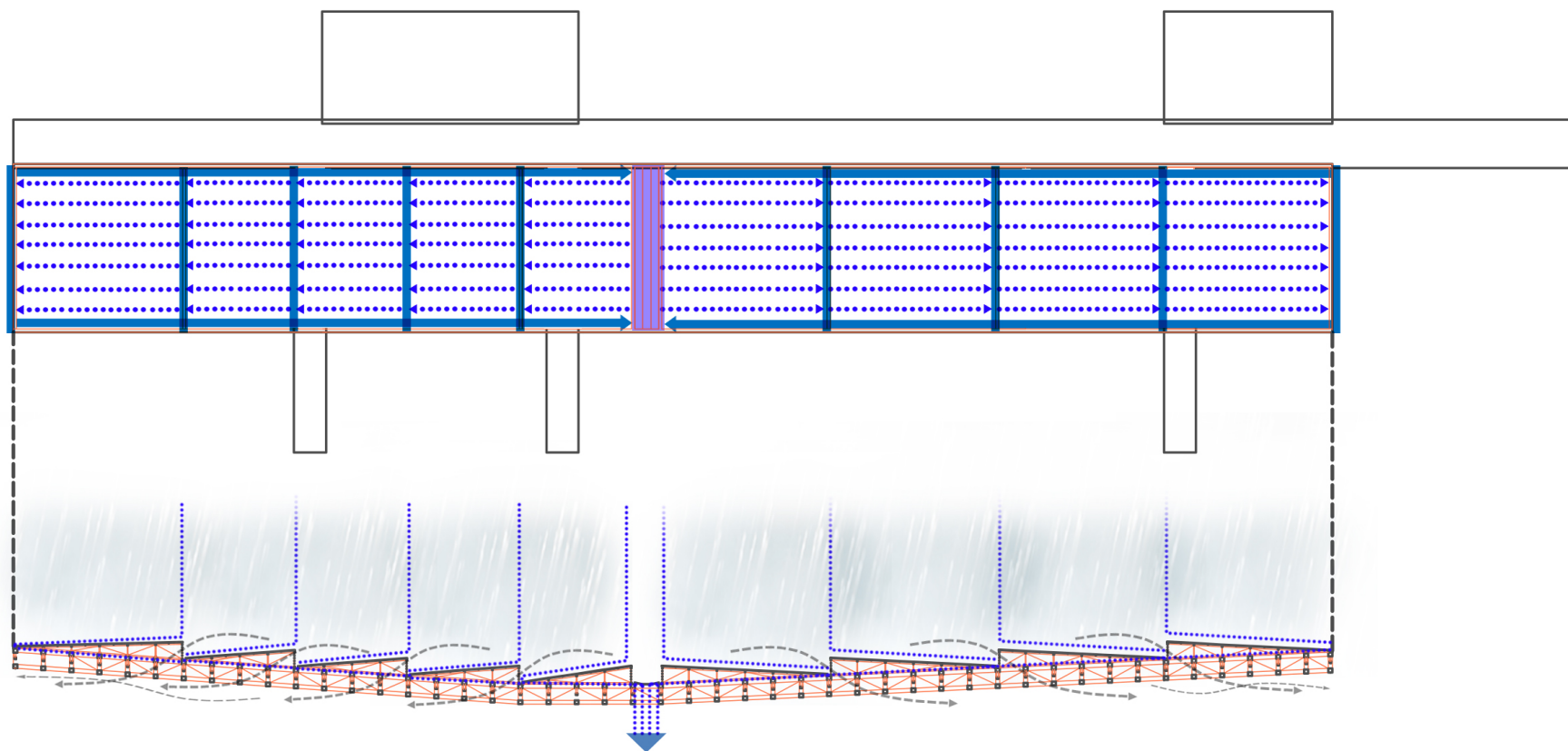
Fuente: Esquema estrategia 3 Elaboración propia.

4. Como cuarta estrategia, se hunde el volumen principal a manera de bajar la escala general del proyecto y con esto establecer una mejor relación con la ciudad, por lo que los principales accesos quedan a un nivel zócalo, formando en el sector sur cotas contenidas.

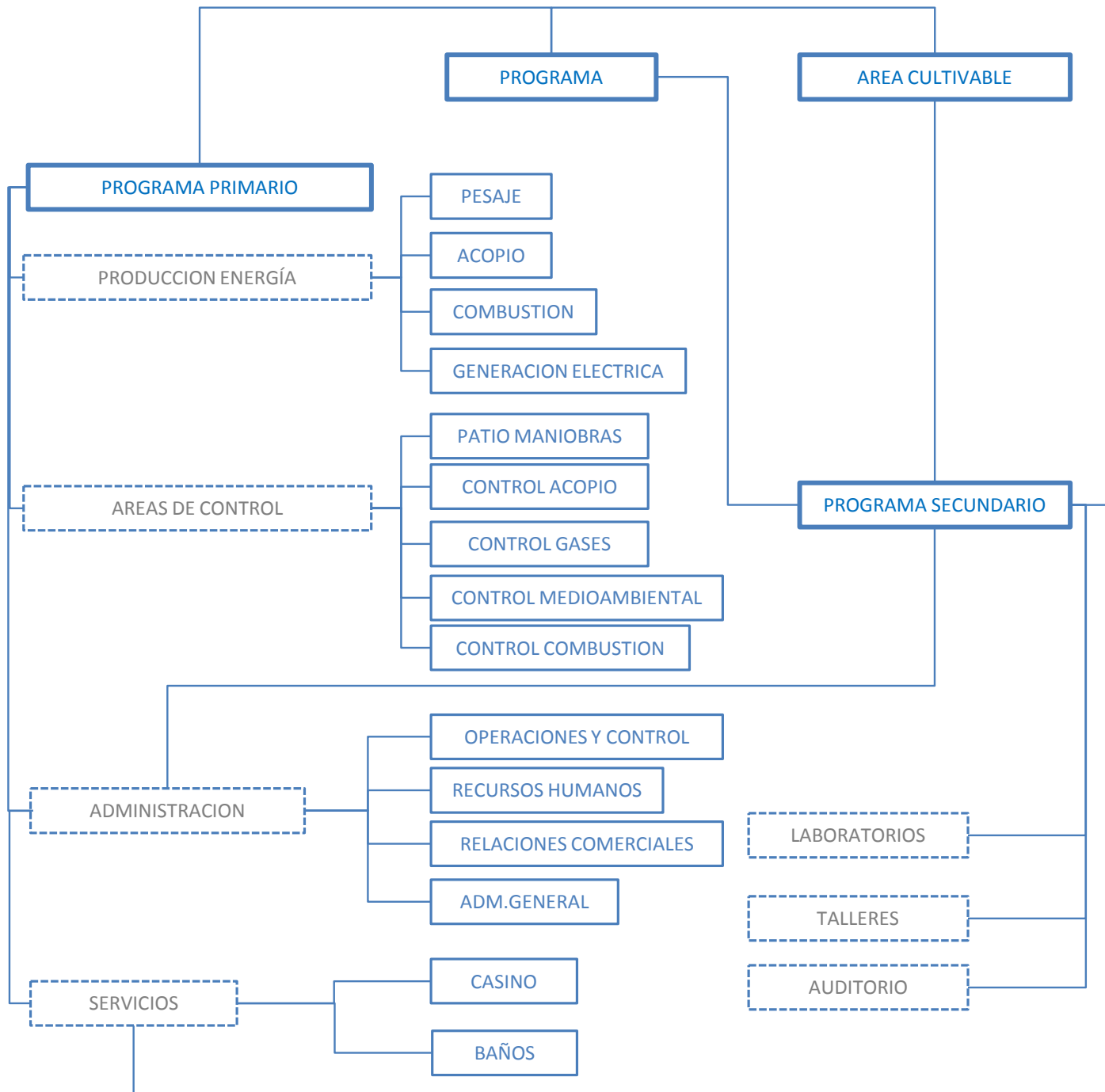


Fuente: Esquema estrategia 4 Elaboración propia.

5. La última estrategia tiene relación con el diseño de la cubierta recolectora de agua lluvia, donde se propone redirigir las aguas hacia una descarga contenida en el centro mediante techos escalonados con una contra pendiente, aprovechando la contrahuella como ventilaciones naturales.



Fuente: Esquema estrategia 5, Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

DEFINICION PROGRAMATICA

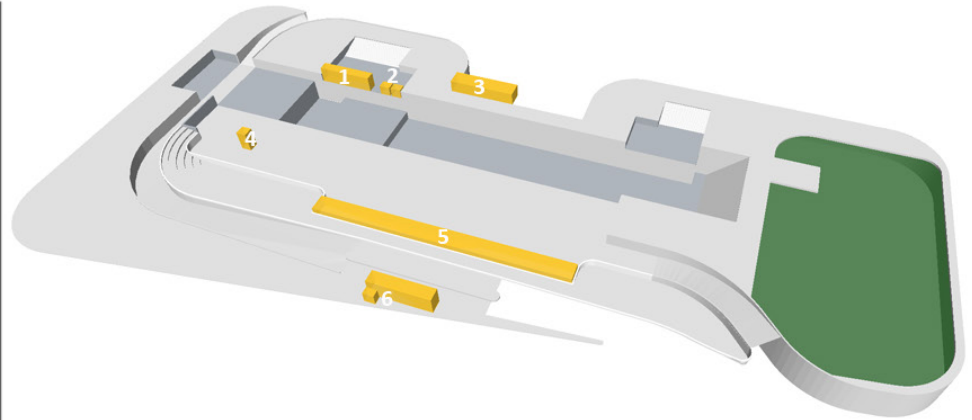
El programa arquitectónico puede dividirse en 2 partes principales; por un lado un programa primario dado por la producción de energía y sus respectivas áreas de control, administración y servicios; y por otro, un programa secundario dado por laboratorios de experimentación, talleres de investigación y auditorio. Además de esto se considera un área de cultivos que está directamente relacionado y conectado con el programa secundario. En el siguiente esquema se establecen las principales relaciones y dependencias del programa general.

.Dimensionamiento.

Una vez comprendido como se dan las principales relaciones programáticas, se hace factible establecer las dimensiones necesarias para su funcionamiento, las cuales quedan estipuladas de acuerdo a sus principales características que tienen que ver tanto por las dimensiones de mobiliario, maquinaria, uso, acondicionamiento y flujos.

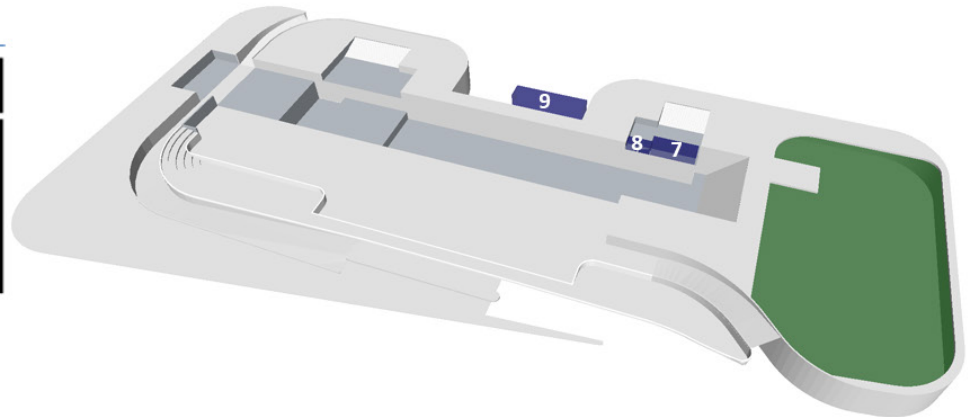
ACCESO PROGRAMA PRIMARIO

		Largo mts	Ancho mts	Alto mts	m2	m3	Suma m2	
1	RECEPCIÓN	.Zona espera	17	3	5	51	255	855,5
2	BAÑOS	.Baño varones	3,3	2,7	3	8,9	26,7	
		.Baño damas	3,3	2,7	3	8,9	26,7	
3	ESTACIONAMIENTOS publico general	.8 estacionamientos	5	2,5	4	100	400	
4	ACCESO PRIVADO PERSONAL	.Área de registro	3	3	6	9	54	
5	ESTACIONAMIENTOS personal	.29 estacionamientos	5	2,5	4	362,5	1450	
6	CONTROL ACCESO CAMIONES	.Área control Pesaje mediante básculas para vehículos	17	3,5	5	59,5	297,5	
		.Baño operarios	3	2	3	6	18	



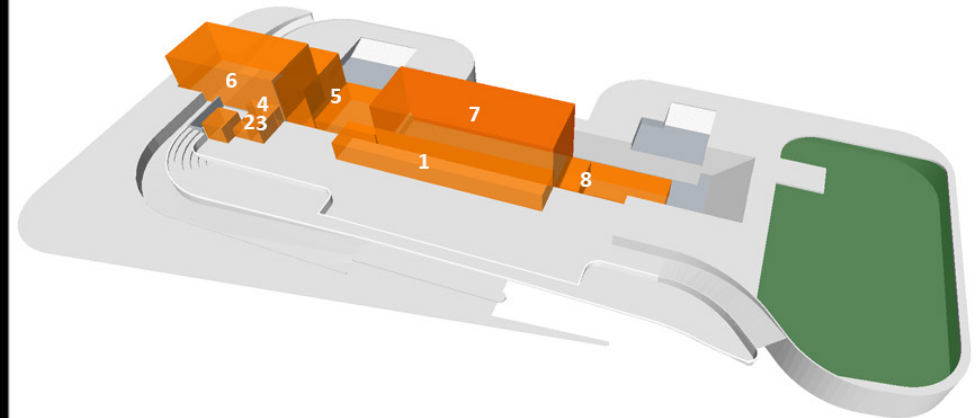
ACCESO PROGRAMA SECUNDARIO

		Largo mts	Ancho mts	Alto mts	m2	m3	Suma m2	
7	RECEPCIÓN	.Zona espera	13	2,8	5	36,4	147	166,7
8	BAÑOS	.Baño varones	3,3	2,7	3	8,9	26,7	
		.Baño damas	3,3	2,7	3	8,9	26,7	
9	ESTACIONAMIENTOS publico general	.9 estacionamientos	5	2,5	4	112,5	50	



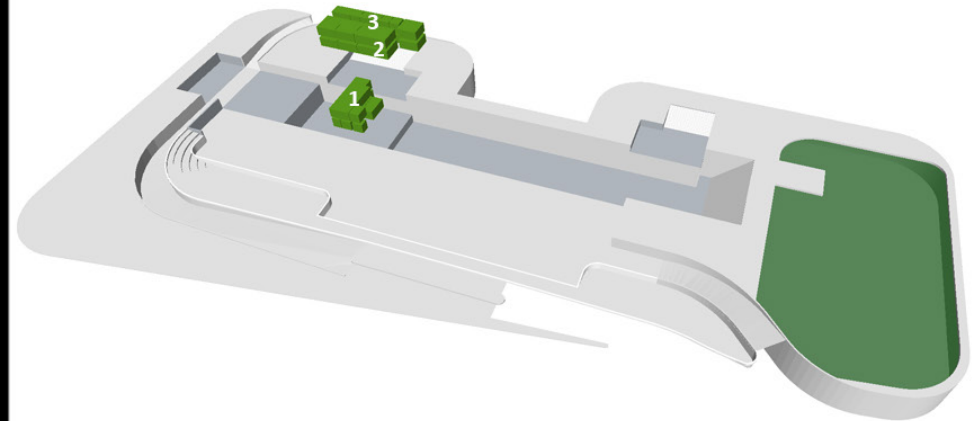
PRODUCCION ENERGÍA

		Largo mts	Ancho mts	Alto mts	m2	m3	Suma m2
1	ESTACIONAMIENTOS CAMIONES .16 estacionamientos .Retiro de cenizas	10	4	6,5	640	4160	3684,4
2	BAÑOS/ CAMARINES .Baño/ Camarín hombre	5,4	3,3	3	17,82	53,46	
	.Baño/Camarín mujer	5,4	4	3	21,6	64,8	
3	ESTAR PERSONAL .2 sillones .2 mesas	8	4,5	6	36	216	
4	LOCKERS PERSONAL .Guardarropía y objetos personales	10	3	6	30	180	
5	ACOPIO .Contenedor biomasa	20	10	18	200	3600	
	.Piso móvil hidráulico	20,5	20	7	410	2870	
6	PATIO MANIOBRAS .6 estacionamientos de descarga	38	20	15	760	11400	
	.Bodega mantención, carretillas mecánicas	8	7	6	56	336	
7	COMBUSTIÓN Y TRATAMIENTO GASES .Cinta transportadora. .Caldera. .Súper calentador. .Multi-Ciclón. .Economizador. .Precipitador electrostático. .Estanque alimentador de agua. .Tratamiento de agua.	55,5	20	21	1110	23310	
8	PRODUCCION ELECTRICIDAD .Condensador .Estanque condensación. .Torres de refrigeración	24	13	7	312	2184	
	.Grupo electrógeno (Turbina vapor, Generador, Transformador)	13	7	7	91	637	



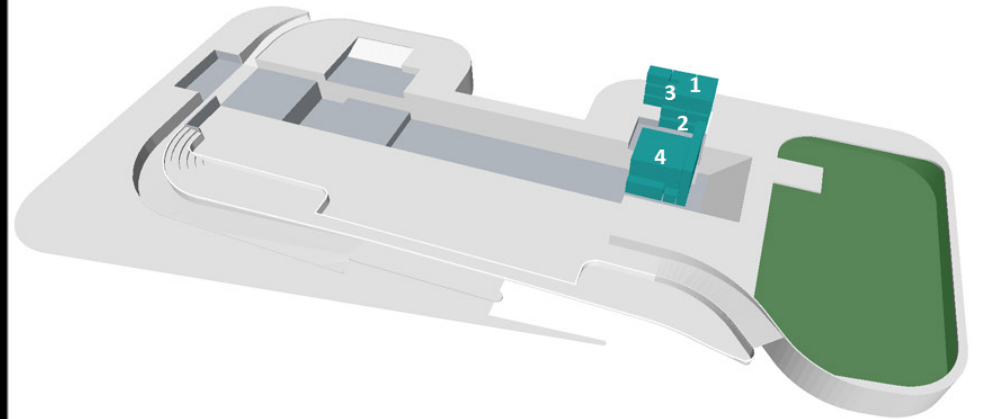
ADMINISTRACIÓN PROGRAMA PRIMARIO

		Largo mts	Ancho mts	Alto mts	m2	m3	Suma m2	
1	ADM. DE OPERACIONES Y CONTROL	.Zona espera 1	5	3	3	15	45	808,4
		.Zona espera 2	5	3	3	15	45	
		.Oficinas adm. De operaciones	13	6,5	3	84,5	253,5	
		.Oficinas adm de control	6,8	3,4	3	23,12	69,3	
		.Zona estar	4,2	3,2	3	13,5	40,5	
		.Sala de proyección	6,8	6,5	3	44,2	132,6	
		.Kitchen	4	2,8	3	11,2	33,6	
		.Baño hombres	3,3	2,7	3	8,9	26,7	
		.Baño mujeres	3,3	2,7	3	8,9	26,7	
2	RECURSOS HUMANOS RELACIONES COMERCIALES	.Recepción	6,5	6	3	39	117	
		.5 módulos atención	3,6	3,4	3	61,2	183,6	
		.Oficina dirección	6,5	3,6	3	23,4	70,2	
		.Oficinas operacionales	10,8	7	3	75,6	226,8	
		.Sala proyección	6,8	3,4	3	23,12	69,36	
		.Zona estar/ descanso	7	6,7	3	46,9	140,7	
3	ADMINISTRACIÓN GENERAL	.Recepción	6,5	6	4,5	39	175,5	
		.Oficinas operacionales	7	4,2	4,5	29,4	132,3	
		.Oficinas directivas	24	3,6	4,5	86,4	388,8	
		.Sala proyección	6,8	3,4	4,5	23,12	104	
		.Zona estar/ descanso	10,5	7	4,5	73,5	330,7	
		.Baño hombres	3	3	3	9	27	
		.Baño mujeres	3	3	3	9	27	
		.Sala de proyección	7	6,5	4,5	45,5	204,7	



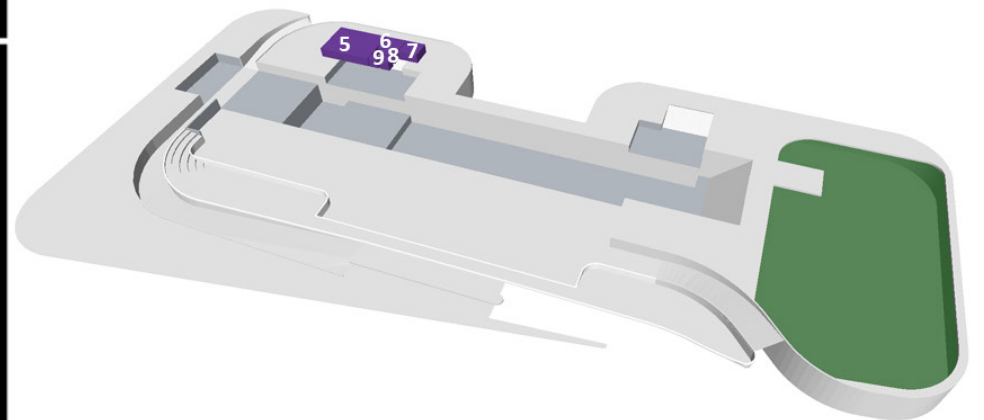
PROGRAMA SECUNDARIO

		Largo mts	Ancho mts	Alto mts	m2	m3	Suma m2	
1	TALLERES	.6 talleres temáticos	6,8	4,3	3	175,4	526,3	799
		.Sala multiuso1	7	6,5	3	45,5	136,5	
		.Sala multiuso2	6,5	6	3	39	117	
		.Zona estar	10	7	4,5	70	315	
2	LABORATORIOS	.3 laboratorios experimentación	6,8	4,3	3	87,7	263	
		.Laboratorio investigación1	7	6,5	3	45,5	136,5	
		.Laboratorio investigación2	6,5	6	3	39	117	
3	BAÑOS	.Baños hombres	3	3	3	9	27	
		.Baños mujeres	3	3	3	9	27	
4	AUDITORIO	.Control audio y proyecciones	4	1,7	3	6,8	20,4	
		.Sala auditorio para 148 personas	13,7	13,3	10	182,2	1822	
		.Sala privada para exponentes	10	2,7	4,4	27	118,8	
		.Baño para exponentes	3,3	2,7	3	8,9	26,7	
		.Coffe Break	20	2,7	13	54	702	



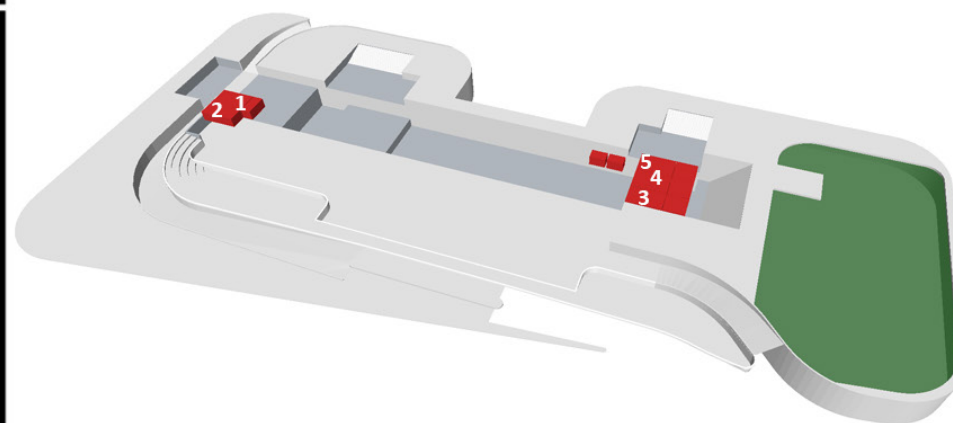
CASINO

		Largo mts	Ancho mts	Alto mts	m2	m3	Suma m2	
5	COMEDOR	.Mesas para 10 personas .Barra	17	13	3	221	663	338
6	COCINA	.Mesones longitudinales	7	6,4	3	44,8	134,4	
7	BODEGA	.Contenedor alimentos no perecibles	6,5	6,4	3	41,6	124,8	
		.Contenedor mobiliario sin uso						
		.2 montacargas						
8	CONGELADOR	.Contenedor alimentos perecibles	2,6	5	3	13	39	
9	BAÑOS/CAMARINES	.Baño/Camarín hombre	3,3	2,7	3	8,9	26,7	
		.Baño/Camarín mujer	3,3	2,7	3	8,9	26,7	



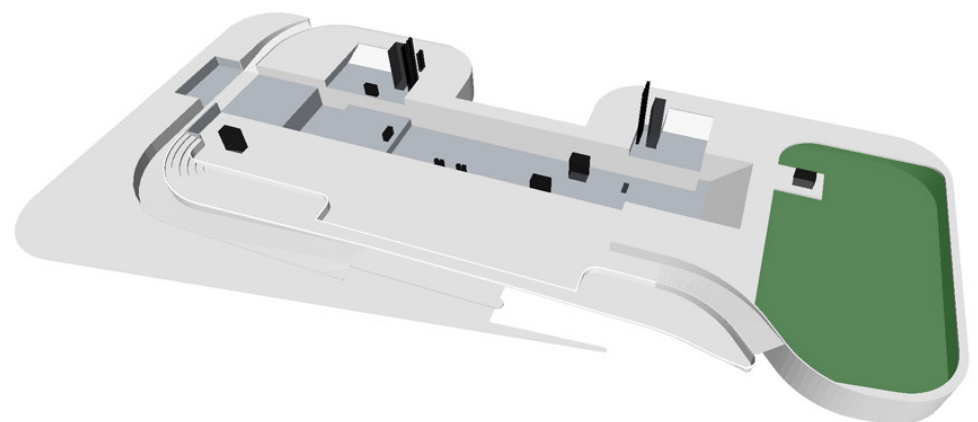
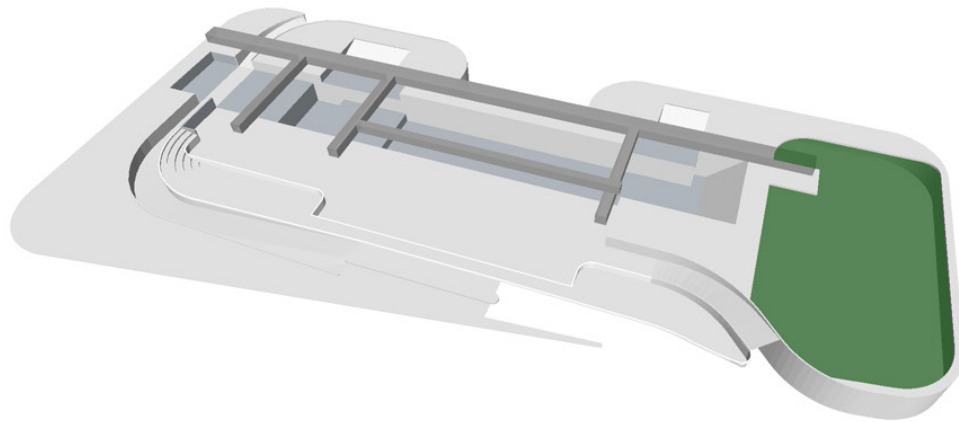
AREAS DE CONTROL PROGRAMA PRIMARIO

		Largo mts	Ancho mts	Alto mts	m2	m3	Suma m2	
1	CONTROL PATIO MANIOBRAS	Zona control computarizado	10	6,5	3	65	195	448,5
		Zona estar	6,5	3	3	19,5	58,5	
2	CONTROL ACOPIO	Zona control computarizado	10	4,4	3	44	132	
		Zona control computarizado	10	6	3	60	180	
3	CONTROL GASES DE COMBUSTIÓN	Zona control computarizado	10	6	3	60	180	
		Zona estar	6	6	3	36	108	
4	CONTROL MEDIOAMBIENTAL	Zona control computarizado	10	6,8	3	68	204	
		Zona estar	6,8	6	3	40,8	122,4	
5	CONTROL COMBUSTION	Zona control computarizado	10	6,7	3	67	201	
		Zona estar	6,7	6	3	20	60	
		Baños operarios hombres	4,7	3	3	14,1	42,3	
		Baños operarios mujeres	4,7	3	3	14,1	42,3	
					TOTAL m2	7100,5		

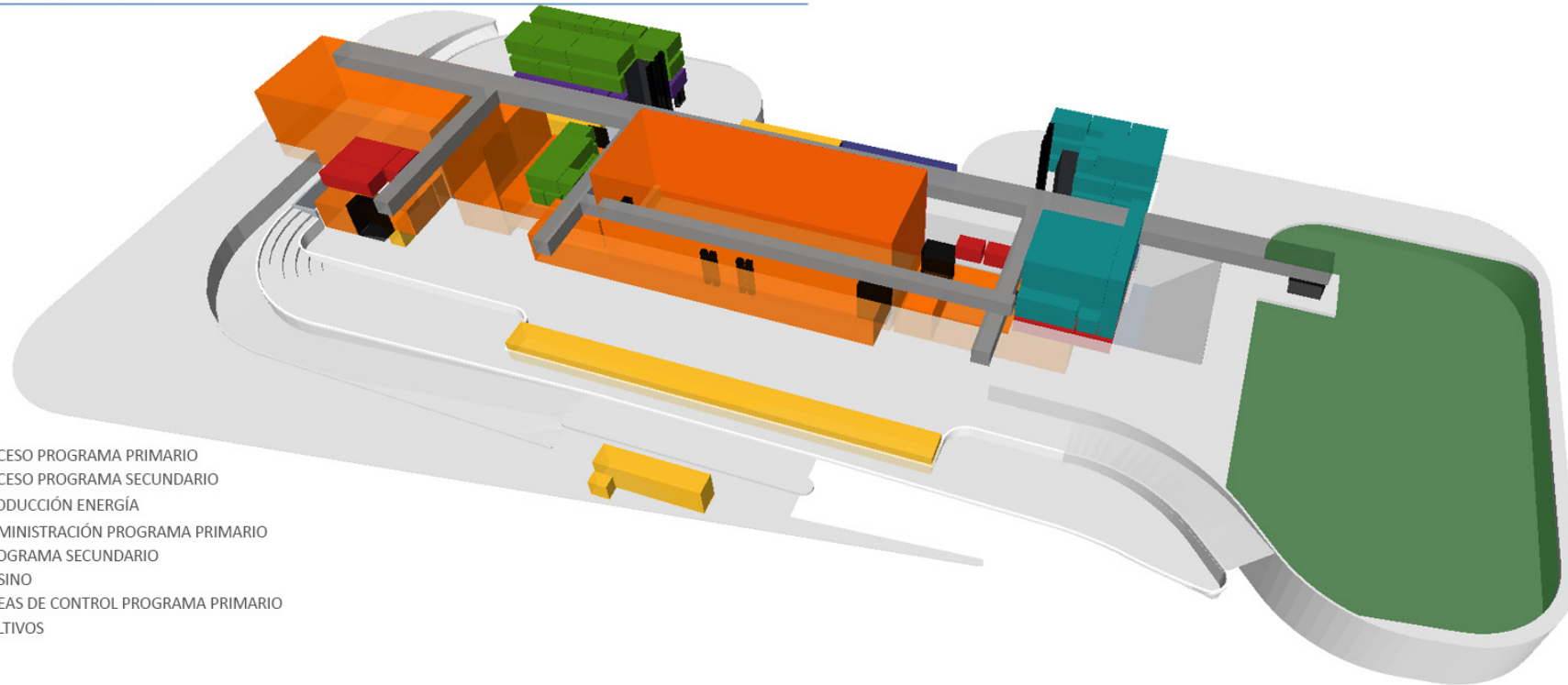


CIRCULACIONES HORIZONTALES

CIRCULACIONES VERTICALES

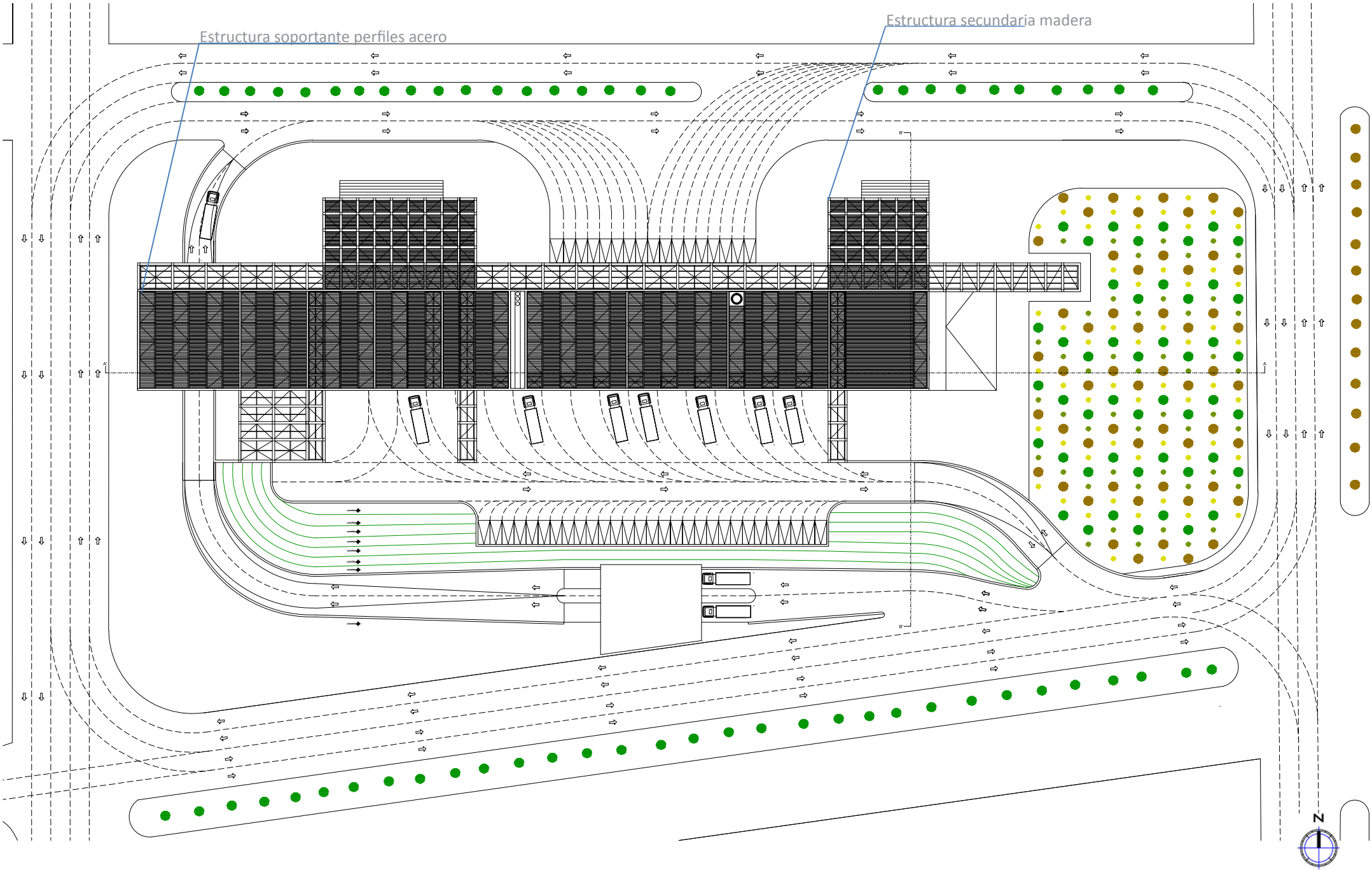


PROGRAMA GENERAL

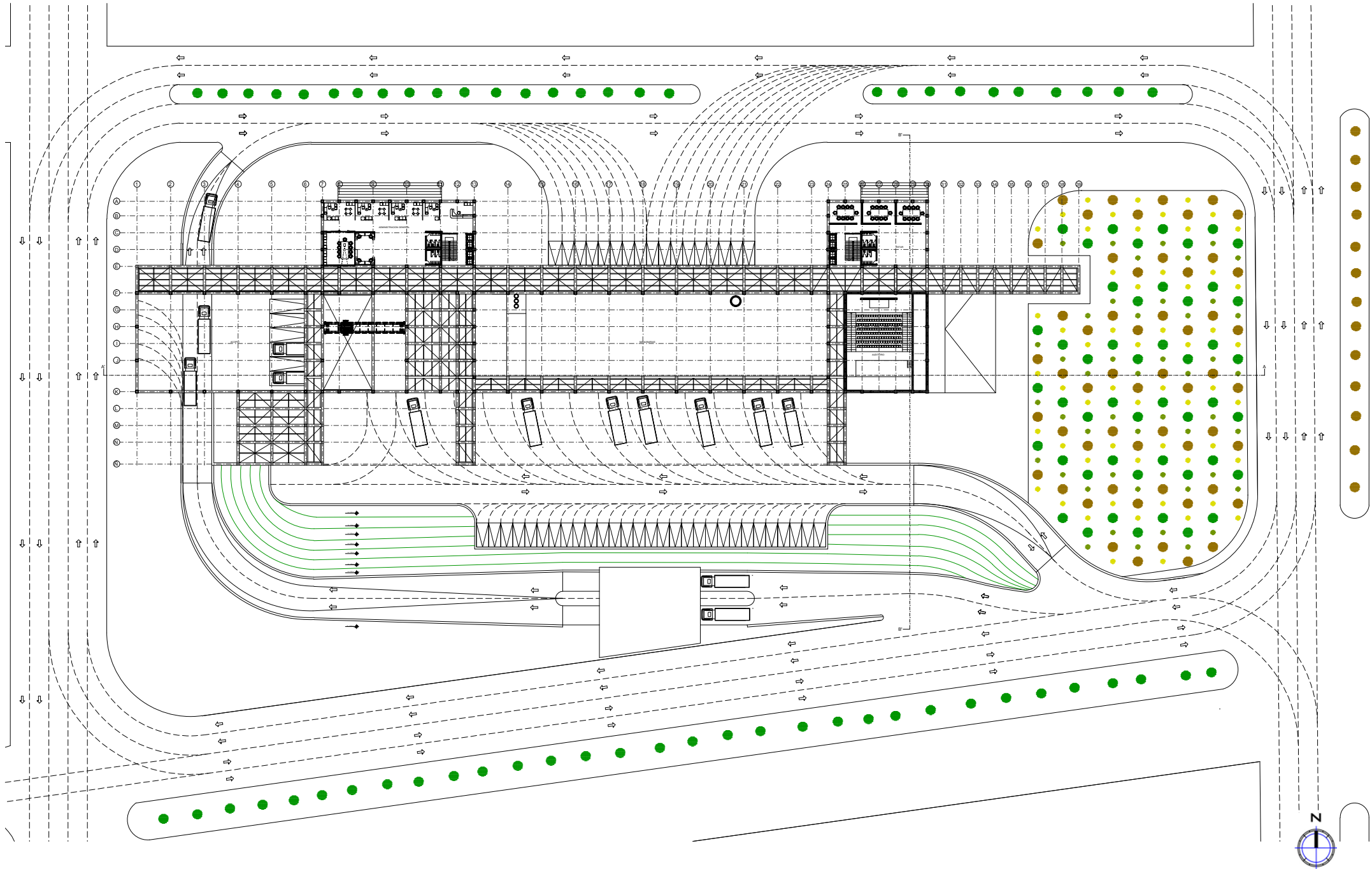


- ACCESO PROGRAMA PRIMARIO
- ACCESO PROGRAMA SECUNDARIO
- PRODUCCIÓN ENERGÍA
- ADMINISTRACIÓN PROGRAMA PRIMARIO
- PROGRAMA SECUNDARIO
- CASINO
- AREAS DE CONTROL PROGRAMA PRIMARIO
- CULTIVOS

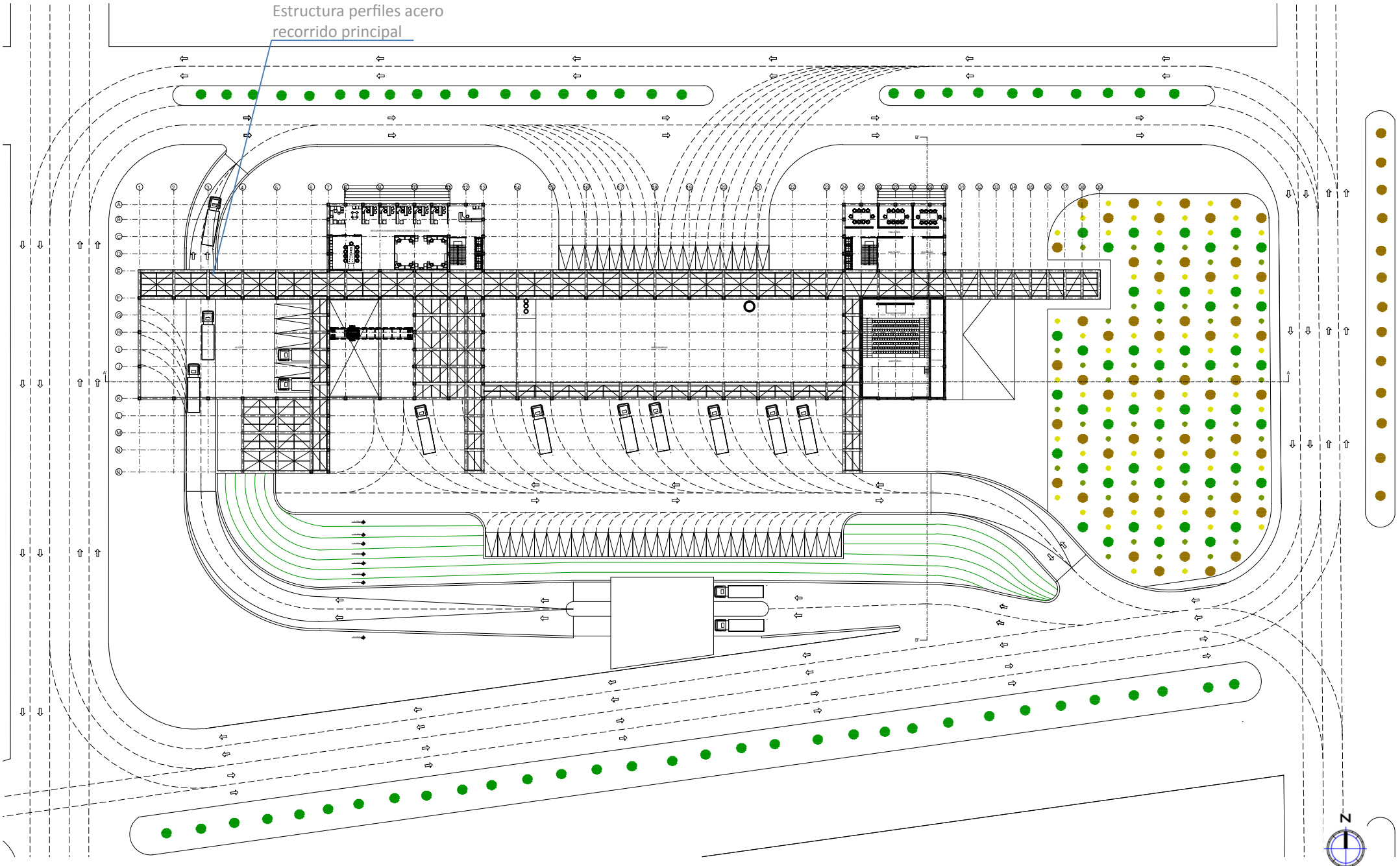
PLANTA TECHO-ESC 1:1000

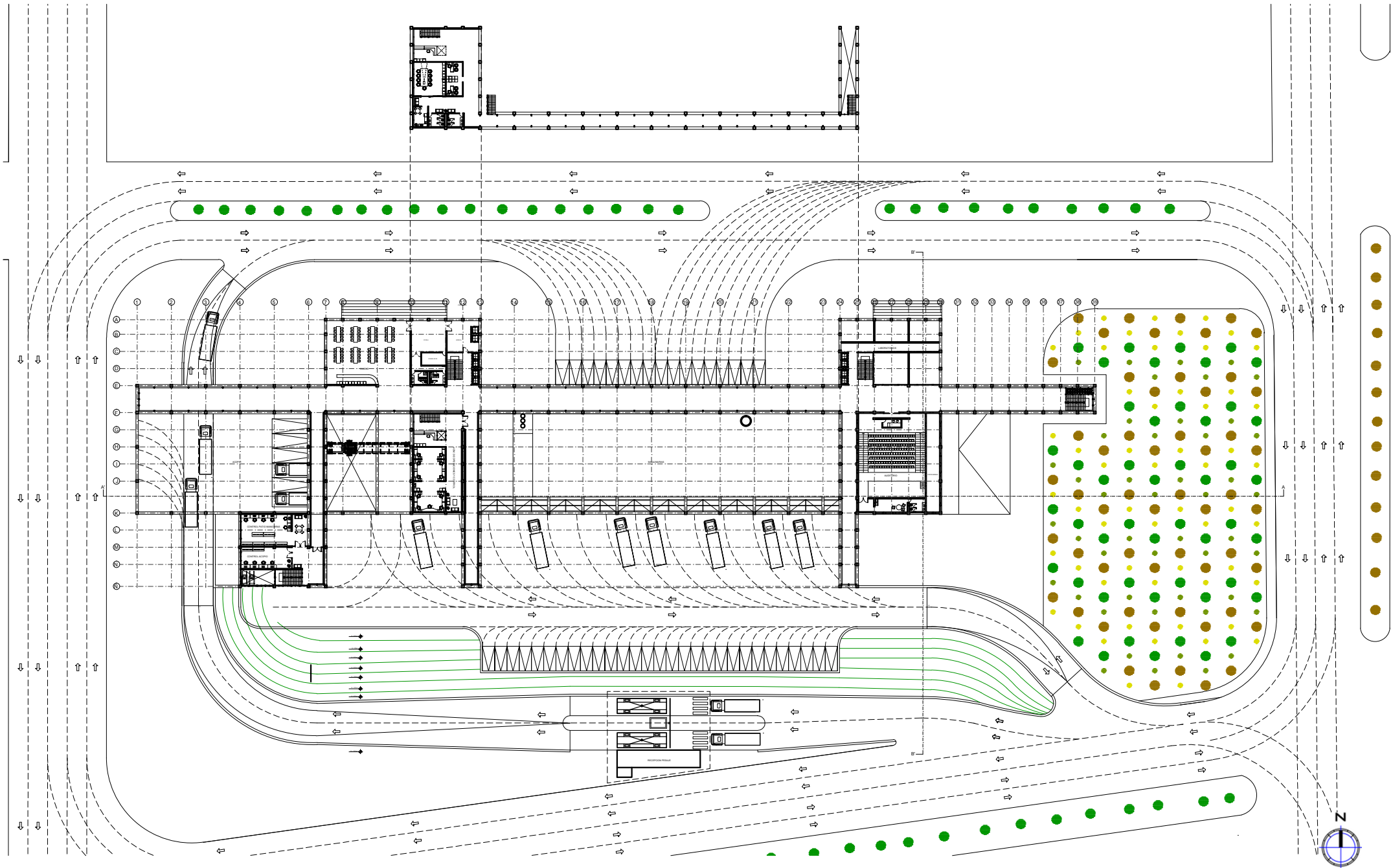


PLANTA 4TO PISO-ESC 1:1000

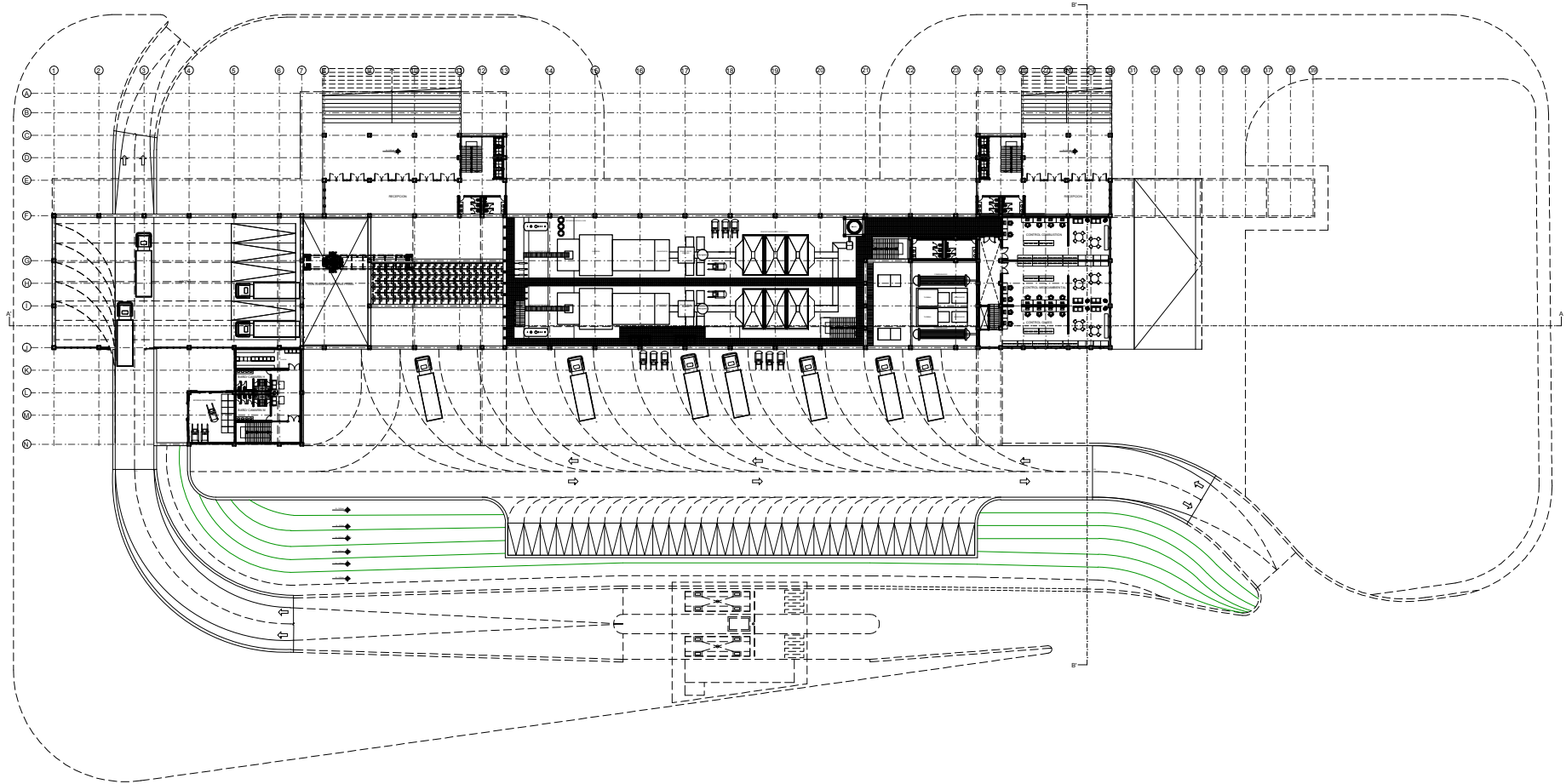


PLANTA 3ER PISO-ESC 1:1000

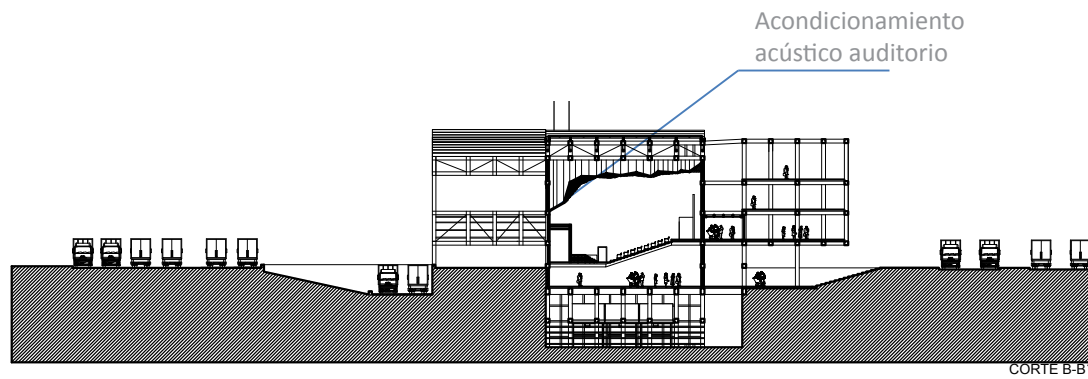
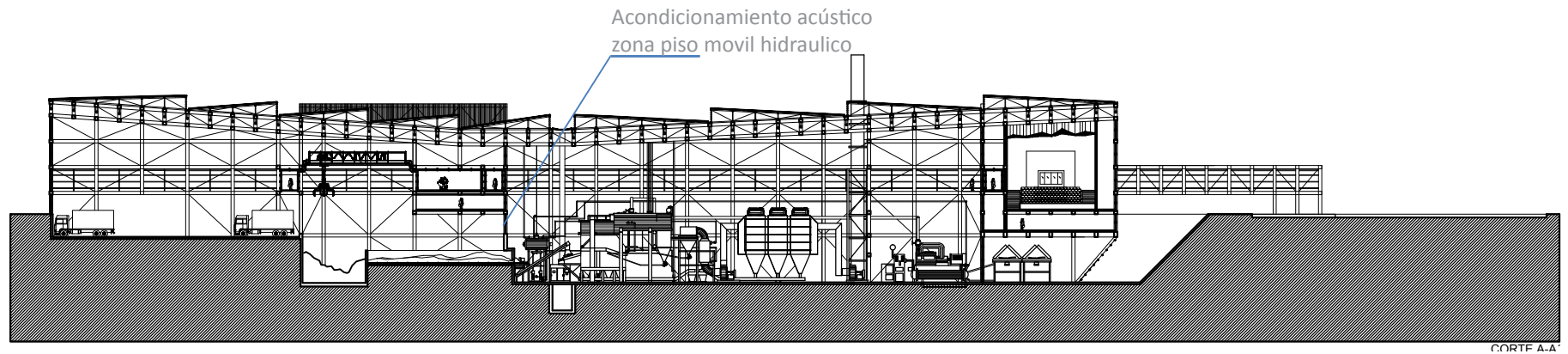




PLANTA 1ER PISO-NIVEL ZOCALO-ESC 1:1000



CORTE LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL-ESC 1:1000



BIBLIOGRAFÍA

- . Plan de Desarrollo Comunal- Puerto Montt-2011.
- . Memoria explicativa modificación plan regulador -Plan Centro/Red vial- Municipalidad Puerto Montt-2014.
- . Ordenanza local, Plan Regulador Puerto Montt, 2008.
- . Caracterización de biomasa leñosa con fines energéticos disponibles en Chile- Carmona, Urzúa- Facultad CFCN, Universidad de Chile, 2013.
- . MINUTA CEC N° 25 Construcción del Gasto Electricidad Hogares en Chile. 30 julio 2013.
- . Manual de las malezas que crecen en Chile. Santiago, Chile. MATTHEI, O. 1995.
- . CHILE FORESTAL. "Buscan soluciones para la amenaza del Ulex Europaeus L" N°144, Marzo 1985.
- . Diccionario Metápolis de Arquitectura Avanzada, 2002.
- .Neufert, Arte de proyectar en arquitectura, edición Gustavo Gili, 14 edición, 1995
- . Globalización y crecimiento urbano acelerado en las ciudades intermedias, el caso de Puerto Montt-Alerce. María José López Nicolau del Roure. Seminario Uchile. 2009.
- . Planta de reciclaje de residuos sólidos domiciliarios mediante incineración, Memoria título Uchile. Andrés Wong. 2006

PAGINAS WEB

.www.chilesustentable.cl

.

www.iea.org

.www.cer.gob.cl

.www.minergia.cl

.www.imartec.cl

.www.gov.uk

.www.epa.gov

.www.hurstboiler.com