

# LITIC

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
TECNOLÓGICA INDUSTRIAL DE COBRE  
MEMORIA DE TÍTULO 2015

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO UNIVERSIDAD DE CHILE  
AUTOR SEBASTIÁN CALDERA MORGADO  
PROFESOR GUÍA YVES BESANÇON

Profesionales asesores:

Jorge Silva, Ex jefe de obras Municipalidad de Machalí  
Humerto Palza, laboratorios de materiales FCFM Universidad de Chile.  
Adrián Cerda, Sr. Staff Firmware Engineer en Sandisk  
Luis Rojas, Director en Centro de Investigación Científico Tecnológico para la Minería - CICITEM

*Dedicado a mis padres, Hugo Caldera y  
Cecilia Morgado, por su cariño  
intachable y apoyo incondicional*

# INDICE

## INTRODUCCIÓN

Motivación .....	5
El desafío del cobre en Chile para los próximos 20 años: La irrupción del Grafeno .....	7

## ANTECEDENTES

La industria del cobre a nivel mundial .....	11
La diversificación de la industria .....	12
La industria del cobre en Chile .....	13
La influencia del cobre en la economía chilena .....	14
La diversificación del cobre en Chile .....	15
El Grafeno: El material del futuro .....	17
El panorama científico nacional .....	18
Discusión .....	19

## PROYECTO

Idea .....	21
Criterios de localización .....	22
Conformación de un cluster científico .....	23
Machalí como zona estratégica .....	24
Gestión y financiamiento inicial .....	25
Programa .....	28

## ANÁLISIS URBANO

Zonificación regional .....	33
Vialidad estructurante regional .....	34
Machalí .....	35
Vialidad estructurante macrozona minera .....	36
Conurbación Rancagua-Machalí .....	38
Zona de equipamientos PRC Machalí .....	40
Zona de equipamientos no edificadas .....	41

Elección de predio	42
Emplazamiento	45
Mitigación de congestión vehicular	46
Nueva ruta cultural del cobre	47

## DISEÑO

Criterios esenciales para el diseño de laboratorios	49
Concepto	51
Partido general	52
Estrategias de diseño	52
Planimetría preliminar	56
Arquitectura e imagen	58

## TÉCNICA

Propuesta estructural	61
Renovación de aire y control térmico	64
Acústica	66
Lumínica	67
Criterios de seguridad	68
Criterios de almacenamiento	69

## BIBLIOGRAFÍA

Publicaciones	70
Artículos web	70
Normativa internacional de seguridad en laboratorios	71

## ANEXOS

Visita a lab Uchile	72
Proceso	74
Tablas de datos industria minera	76
Listas de criterios lab	78

## INTRODUCCIÓN

### MOTIVACIÓN

La concepción del proyecto se articula en base a una directriz que marcó todo el proceso profesionalizante de mis últimos dos años de carrera:

#### **La búsqueda de un vínculo entre Arquitectura e Industria como potencial diversificador del perfil profesional.**

Básicamente, mi interés radica en las posibilidades que puedo tener como arquitecto dentro del ambiente industrial, y a la vez, cómo yo como arquitecto soy capaz de propiciar un cambio en el desarrollo industrial de la profesión y sobretodo, del país

*Arquitecto con compromiso industrial.*

Mi visión de este Arquitecto se va formando desde la academia, al involucrar el **proceso creativo cognitivo con desafíos tecnológicos innovadores** a través de investigaciones, papers, workshops, conferencias, ayudantías y asesorías. Este proceso nutrió una manera de entender la **arquitectura como una herramienta compleja de solución metódica a problemas/necesidades espaciales con resultado tangible**. Así como no hay industria sin output, no hay arquitectura sin desarrollo edilicio.

Tomando en cuenta lo anterior, la tecnología se considera inherente al desarrollo arquitectónico, sin embargo da la impresión que la arquitectura es la última de las disciplinas de output tangible (Pintura, ilustración, escultura, diseño, ingeniería etc.) en adaptar los avances tecnológicos a sus propuestas (por temas de escala, costos, tiempo etc.) en desmedro de los cambios radicales en la manera de habitar y relacionarnos como especie que se han dado en los últimos años.

¿Cómo puede una arquitectura estática responder a un estilo de vida cada vez más frenético? ¿Cómo puede adaptarse una arquitectura inerte a la infinidad de variables físicas y biológicas del entorno?

Un arquitecto con compromiso industrial ve estas interrogantes como desafíos tecnológicos bajo la mentalidad de que todo lo simple ya ha sido creado, y para ello, el desarrollo industrial es fundamental para suplir los deseos y necesidades cada vez mas complejos de la humanidad.

Para el caso particular del proyecto la línea de acción es la misma: Para avanzar hacia un país desarrollado y más independiente, se requiere de un proceso de industrialización basado en ciencia y tecnología, que permita suplir deficiencias económicas y mejorar la calidad de vida de sus habitantes. El output de extracción vs el output con valor agregado.

La propuesta se entiende como el deseo de alcanzar el desarrollo tecnológico nacional y latinoamericano materializado en un edificio de escala internacional y expresión contemporánea.



## INTRODUCCIÓN

### EL DESAFÍO DEL COBRE EN CHILE PARA LOS PRÓXIMOS 20 AÑOS: LA IRRUPCIÓN DEL GRAFENO

El cobre es un tema recurrente en nuestro país, tanto para las carteras de gobierno como para el común de sus ciudadanos. A la mayoría nos han inculcado desde etapas tempranas de nuestra educación que el cobre es el motor económico de la nación, “*el sueldo de Chile*” (Allende, 1971) y por ende la columna vertebral de nuestra economía emergente; no es menor el hecho que se le atribuya de alguna manera la estabilidad económica por la que ha pasado Chile en época de crisis mundial (Palma, 2013); Cobre como sinónimo de “*progreso*”.

Acorde a los índices de desarrollo económico tanto nacionales como internacionales la industria minera a lo largo de todo Chile no sólo aporta en gran medida al PIB nacional, también lidera la producción mundial del metal rojo siendo el mayor proveedor de materia prima de las potencias industrializadas para la fabricación de diversos productos; paradójicamente, Chile utiliza una cantidad despreciable de su producción de cobre en el desarrollo de productos que son altamente importados y comercializados en nuestro país (según datos del observatorio de complejidad económica).

La gran demanda de cobre a nivel mundial se debe mayormente a su papel como conductor eléctrico dada su relación de bajo costo y gran capacidad conductiva y dúctil. Sin embargo, dicha condición de hegemonía como conductor eléctrico se vió alterada durante el año 2010, cuando científicos Rusos logran sintetizar compuestos de carbono para crear **grafeno**, material que promete ser el reemplazante del cobre a mediano plazo, denominándolo el material del futuro.

Esto ha impulsado a las grandes potencias del mundo a invertir cifras multimillonarias para su investigación y desarrollo en diversas áreas, con el fin de insertar el grafeno en sus procesos industriales en un plazo no mayor a 20 años;

Por segunda vez en nuestra historia un material sintético se muestra como el reemplazo lógico a nuestros recursos naturales, lo que propicia plantear la siguiente pregunta:

#### **¿Que tan preparados estamos para enfrentar una eventual crisis del cobre a 85 años de la caída del salitre?**

Bajo esta interrogante nace la motivación de proponer desde lo arquitectónico una solución que responda a la inevitable aparición de tecnologías disruptivas en economías basadas en la explotación de recursos naturales, una problemática extrapolable tanto a nivel país como a la mayor parte de América Latina.

Desde ese punto de vista las respuestas pueden ser diversas; por una parte está la posibilidad de acentuar la extracción de nuevos minerales con alto potencial industrial a nivel mundial, como el litio, de la misma manera que se logró sacar adelante la minería del cobre tras la crisis salitrera, pero dejarle la responsabilidad económica del país a la extracción de otro recurso natural no renovable...¿no sería volver a caer en el mismo circulo vicioso? Otra posibilidad real está en la industrialización de las actividades productivas a nivel de productos. Tomando en cuenta las diversas iniciativas científicas, académicas y políticas de los últimos años, es probable que Chile se encuentre en un momento en que podemos cambiar el rumbo de los últimos 100 años de desarrollo económico; pasar de ser una nación que depende de sus reservas naturales, a una nación que dependa de su capital humano y del valor agregado que le demos a esos recursos.

Impulsado por ese espíritu, el presente proyecto se contempla como un ejemplo de la capacidad que tiene el país de adelantarse y tomar la iniciativa mediante una solución a escala nacional, a mediano plazo y que tenga en consideración los aspectos políticos, económicos y sociales para abordar desde la actualidad una propuesta de **infraestructura científico tecnológica**, con el fin de posicionar a Chile en un escenario de industrialización e innovación científica, que sea capaz de hacer uso de su capital económico y humano especializado.

Bajo este contexto se propone el **Laboratorio de Investigación Tecnológica-Industrial del Cobre** (LITIC) como un proyecto de arquitectura destinado a la investigación del cobre para producir nuevas soluciones, componentes y productos basados en este metal, aportando al desarrollo activo de una industria de carácter nacional. Para lograr este cometido se diseña LITIC como un edificio dinámico, que se proyecta al futuro y que debe ser capaz de interactuar a distintas escalas de uso: global, nacional, regional y comunal para ofrecer una solución activa y estable en el tiempo que garantice resultados replicables a lo largo del país.

Las temáticas en las que se desenvuelve el desarrollo del proyecto abarcan situaciones de índole económico, político y científico tanto local como global; la investigación divide los antecedentes en estas áreas para desarrollar un relato coherente que permita analizar de manera pausada y evolutiva el complejo contexto de inserción de la propuesta. Se toman en cuenta 3 elementos claves que conforman el marco teórico de la problemática; El cobre, el grafeno y la realidad científica nacional:

**El cobre:** Se analiza desde el punto de vista industrial el estado del cobre a nivel internacional y nacional. Se presentan sus principales áreas de desarrollo y se da especial énfasis a las cifras y datos duros que hacen del cobre hoy en día un material imprescindible para la industria manufacturera de distintas índoles, incluyendo los nuevos mercados que han nacido de la innovación en el uso de este metal.

**El grafeno:** Se analiza la situación actual del grafeno, para entender a que nos estamos enfrentado y cuales han sido sus implicancias políticas y económicas que lo posicionan hoy por hoy como el principal rival del cobre en las potencias industrializadas. Se destacan sus propiedades y se enfatiza el interés que ha generado en la comunidad científica internacional.

**La realidad científica nacional:** El último punto investiga cual es la visión Industrial y Científica sobre este tipo de adelantos en nuestro país; En qué posición nos encontramos a nivel científico en América Latina y el mundo y qué se está haciendo en materia política y de infraestructura para propiciar el desarrollo de nuevas tecnologías en nuestro país.

Una vez resueltas las discusiones y declarados los elementos principales que validan la realización del proyecto, se exponen los criterios que componen el marco teórico proyectual desde el punto de vista de un edificio de investigación a escala nacional;

**Criterios de localización:** La VI Región del Libertador Bernardo O’iggins Riquelme y la comuna de Machalí como puntos estratégicos de un plan de desarrollo tripartito: científico/tecnológico/minero, con sus correspondientes interacciones a nivel global, nacional, regional y comunal.

**Criterios de gestión:** Cuáles serán las líneas principales de investigación, la finalidad del edificio en sus diversas escalas de funcionamiento y qué instituciones formarán parte de la gestión y financiamiento del edificio, para conseguir una metodología replicable en contextos similares que asegure su permanencia en el tiempo.

Desde el punto de vista **urbano**, se toma en consideración el anteproyecto de conurbación existente Rancagua-Machalí. Se realiza un análisis de las transformaciones en el uso de suelo y se proyectan los cambios a nivel de trazado que

propicien una propuesta urbana coherente en la zona de emplazamiento.

Finalmente los **criterios de diseño y técnica** están basados en primera instancia en literatura arquitectónica específica para el diseño de laboratorios. Se toman como referencia las metodologías norteamericanas y europeas para la distribución programática, las dimensiones de los recintos, criterios de espacialidad y habitabilidad entre otros.

Para su correcto desarrollo también se toma como referente una visita al **laboratorio de materiales de la FCFM de la Universidad de Chile**, donde se pudo conversar con científicos, docentes y alumnos para tener una idea en primera persona de las necesidades dentro del ambiente de trabajo experimental.

Tomando en cuenta todo lo anterior, LITIC responde a una necesidad a nivel país de industrializar a la nación, con el objetivo de aportar a una independencia económica de la misma manera que lo han hecho las potencias mundiales en el siglo XIX en Europa, Siglo XX en Estados Unidos y en este siglo XXI en Asia.

Está demás recalcar que la voluntad de un proyecto como este no pretende solucionar un problema nacional de manera individual; lo que se busca, es plantear la existencia de un problema real, que tiene múltiples aristas no sólo en lo económico, sino también en lo político y social de la región, cuyo **espíritu** trasciende la visión unilateral y estrictamente nacional; por este motivo se plantea como se ha dicho anteriormente: “un modelo replicable en contextos similares”, apelando a un trabajo en conjunto a escala Latinoamericana que nos permita cuantificar nuestros recursos y luego cualificar los potenciales industriales de los mismos para generar una economía local, sustentable y menos dependiente del exterior.

**Tenemos todo a nuestro favor para decir que el siglo XXII nos pertenece.**



## ANTECEDENTES

### LA INDUSTRIA DEL COBRE A NIVEL MUNDIAL

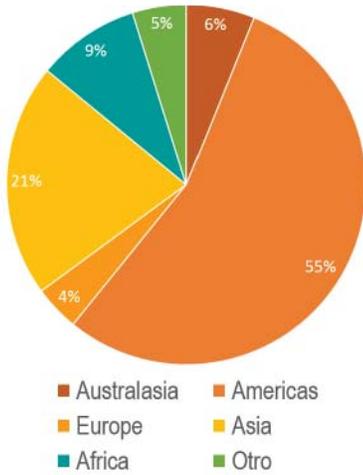


Gráfico arriba

**Producción global de cobre en mina según continente.**

La industria del Cobre, como la mayoría de las industrias basadas en recursos naturales, está cuantificada en cantidades de extracción y demanda según regiones. La región líder en cuanto a producción en mina corresponde al continente Americano, con más del 50% de la extracción de cobre a nivel mundial; le sigue Asia con cerca del 20% y África con menos del 10%. Datos según tabla 1 ítem 1a del annual data copper 2014 (ver anexos).

Debido a su gran capacidad conductiva, dúctil, maleable y 100% reutilizable, el cobre es un metal altamente requerido como materia prima por sus múltiples usos en diversas industrias, tales como transportes, suplementos industriales, construcción entre otros. En la actualidad, cobra principal protagonismo la industria de electrónicos y artefactos eléctricos dada la notoria carrera tecnológica que se ha generado a fines del siglo XX con la masificación de la computación de la mano del internet y la constante búsqueda por desarrollar nuevos dispositivos cada vez más pequeños, poderosos y eficientes.

Bajo este escenario, no es de extrañar que la región con mayor demanda sea también la mayor productora de electrónicos del mundo. Asia, lidera la demanda mundial de cobre con cerca del 60% del total producido anual. Se destaca la demanda de China con 40% de la producción mundial, seguido de Japón, Corea del sur y la incipiente aparición de India, sumando cerca del 10%. Europa abarca el 20% mientras América el 14% con Estados Unidos a la cabeza de casi el 10% de la demanda mundial.



Gráfico arriba

**Demanda global de cobre por sector industrial.**

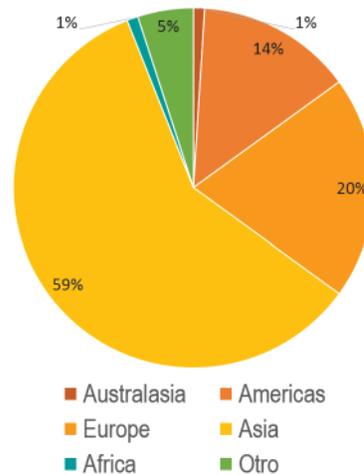


Gráfico arriba

**Demanda global de cobre por continente**

Los datos reflejan la importancia que tiene el cobre en el mundo industrializado, y su gran papel como conductor eléctrico en la actualidad. Por otro lado, también demuestran una vulnerabilidad latente frente a la dependencia “unilateral” del mercado chino.

Página de la izquierda

**Faenas BHP-Billiton, Sudáfrica.**

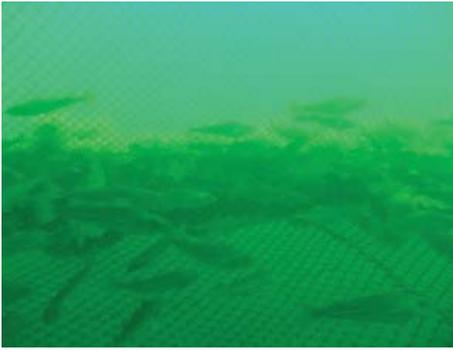


imagen arriba  
**Mallas de cobre para cría de peces (fuente ICA)**

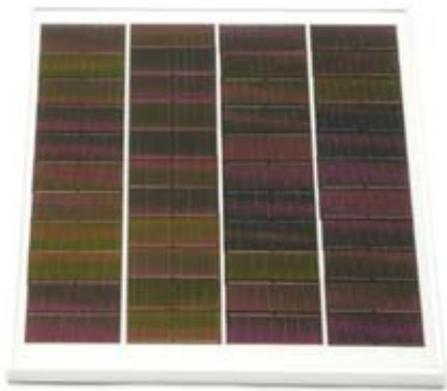


imagen arriba  
**Prototipo de celdas fotovoltaicas de aleación de cobre**



imagen arriba  
**Revestimiento de superficies en base a cobre antimicrobiano para hospitales**

Dicha condición de riesgo se valida en los informes de proyección de precio del cobre elaborados por Cochilco (corporación chilena del cobre, ver anexos). Debido a una menor meta de crecimiento del país asiático, la proyección del precio del cobre se mantiene baja hasta el 2025. Esto se explica por una baja brusca en los precios del sector inmobiliario y el exceso de la capacidad industrial, llevando al gobierno a adoptar una política de mayor consumo interno en desmedro de la producción industrial y exportaciones.

## ANTECEDENTES

### LA DIVERSIFICACIÓN DE LA INDUSTRIA

Tomando en cuenta la situación anterior, y de la mano de los constantes avances en investigación tecnológica, la international copper association ha comenzado una incipiente búsqueda por nuevos usos del metal rojo tanto en sus áreas más representativas, como en otras totalmente vanguardistas y con alta proyección hacia el futuro:

**La acuicultura** ha sabido hacer uso de varias propiedades del cobre para confeccionar mallas de cría de peces más resistentes, higiénicas y duraderas. Causando un impacto positivo en la industria al disminuir los costos de mantención y aumentar la esperanza de vida de los peces.

El cobre ha sido el factor principal en la constante masificación de los sistemas de **energía renovables**, principalmente en celdas fotovoltaicas y en generadores de energía eólica. Esto se debe a su gran capacidad conductora y a los nuevos adelantos en ingeniería de materiales que permiten ocupar cantidades menores de conductor abaratando los costos.

El principal adelanto a nivel mediático y el cual ha generado toda una gama de posibilidades a nivel industrial es el **cobre antimicrobiano**. Este corresponde a una serie de aleaciones en base a cobre que inhiben la generación de virus y bacterias sobre la superficie. Si se toma en cuenta la gran capacidad del cobre para ser moldeado y trabajado de diversas maneras, las posibilidades a nivel industrial abarcan una gran gama de productos desde lo arquitectónico hasta textiles.

Existen también otros adelantos que se encuentran aún en desarrollo y están ad portas de convertirse en potenciales generadores de una nueva industria basada en el cobre:

Nuevos avances en **medicina regenerativa** están involucrando la presencia de iones metálicos en los procesos de regeneración de huesos y tejido elástico, con gran potencial en el tratamiento de la osteogénesis (degeneración ósea).

Su gran capacidad de oxidación y biocida mediante procesos avanzados permite la **purificación del agua** mediante fotocatalisis.

En el campo de las energías renovables ya mencionadas, principalmente la fotovoltaica, se están desarrollando métodos mas eficientes y económicos para generar **energía eléctrica mediante plasmónica**, lo que hace uso de nanopartículas de cobre para permitir una mayor absorción de energía solar en el silicio.

**Nuevos materiales conductores** están constantemente siendo desarrollados al combinar las propiedades del cobre en aleaciones tanto con otros metales, como con polímeros.

Todos estos antecedentes hablan de una industria del cobre que valora y entiende su producto y que es capaz de ver más allá del panorama inmediato; La finalidad está en prepararse ante eventualidades económicas internacionales manteniendo e incluso mejorando los estándares de desarrollo y extracción del cobre en la actualidad.

## ANTECEDENTES

### LA INDUSTRIA DEL COBRE EN CHILE

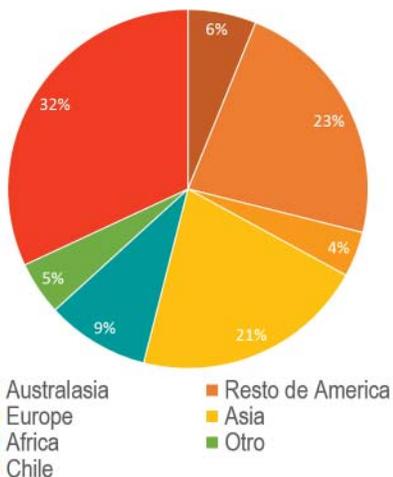


Gráfico arriba  
**Comparativa de la producción chilena de cobre con el resto de los continentes.**

Chile es el mayor productor y exportador de cobre del mundo generando más de 5 millones de toneladas promedio al año, abarcando cerca de un tercio de la producción mundial.

Actualmente funcionan en faenas de extracción mas de 17 empresas tanto nacionales como internacionales en yacimientos chilenos. Codelco abarca la mayor cuota de extracción con más de 1.7 millones de toneladas(MT) al año en sus 7 divisiones a lo largo del país. Destacan El teniente (0.4MT), Radomiro Tomic (0.3MT) y Chuquicamata (0.3MT) con el 60% del total extraído por la estatal. En el resto de concesiones mineras destacan Escondida (1.2MT), Anglo American (0.6MT), Collahuasi (0.4MT) y Los Pelambres (0.4 MT).

Al llevar esas cifras a dinero se puede dimensionar la relevancia que tiene la minería en la economía nacional. El total de embarques de cobre hacia el exterior asciende a **38 mil millones de dólares (\$MM)** promedio al año. Dividido entre continentes, y siguiendo la dinámica de la demanda internacional anteriormente revisada, la mayor cantidad de ingresos por embarques proviene de Asia con \$26MM promedio lós últimos años, liderado por China con más del 50% del total asiático; Le sigue América con \$6MM encabezado por Estados Unidos y Brasil, Europa con \$5MM que demuestra una repartición más equitativa y otros con \$0.8MM.

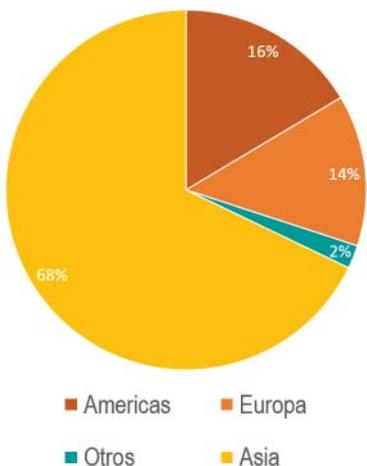


Gráfico arriba  
**Ingresos por embarques de cobre chileno según continentes**

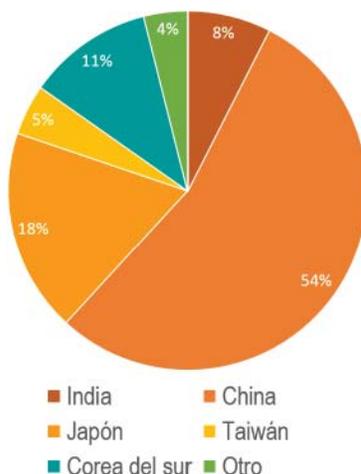


Gráfico arriba  
**Ingresos por embarques de cobre chileno desde Asia**



Gráfico arriba  
**Ingresos por embarques de cobre chileno desde Europa**

Las cifras declaradas demuestran por una parte, la gran importancia que tiene la minería del cobre para la industria mundial y más aún, para la economía nacional. Por eso se hace necesario dar un vistazo al papel que cumple la minería en las finanzas nacionales, principalmente en el PIB y su influencia en el desarrollo de los mercados productivos y de consumo.

## ANTECEDENTES

### LA INFLUENCIA DEL COBRE EN LA ECONOMÍA CHILENA

La cifra del PIB nacional promediada anual alcanza un aproximado de 261000 millones de dólares, el cual se encuentra dividido a grandes rasgos entre actividades agrícolas, industriales y servicios de la siguiente manera:

Agrícola: 3,4%  
Industrial: 35,3%  
Servicios: 61,3%

Dentro del índice industrial se encuentra la actividad minera, liderada por la minería del cobre. La minería en su conjunto aporta un aproximado de 27000 millones de dólares, donde **la minería del cobre** lidera con un aproximado superior a **25000 millones de dólares** de ese total. Esto quiere decir que el cobre por sí solo está encargado de más del 90% de los aportes del rubro, y **en la actualidad**, de un total cercano al **10% del PIB nacional**.

Esta cifra, que no deja de ser relevante, dista mucho de los valores presentados **hace 10 años** por la minería del cobre, ya que su aporte ha ido decayendo año a año tras la recesión económica mundial y sobretodo, la reciente desaceleración de la industria China mencionada anteriormente; esto ha llevado al cobre a pasar de un aporte del **20% en el 2006 al 11% en 2013** y bajando, según estadísticas de Cochilco, lo que se ha traducido en un aporte fiscal cercano a la mitad de lo que solía generar la industria minera hace un par de años.

Según un estudio realizado por El Mercurio, **sin la presencia del cobre Chile poseería un PIB 45% inferior al actual**, sin ahorro fiscal y con una economía muy desacelerada y pasiva, similar a la de países pobres dentro de la región como Panamá. De esta manera, la activación económica del cobre de principios de los 90 y en especial el auge del 2003 transformó a la sociedad chilena del consumo de subsistencia al consumismo de lujo, abriéndose a diferentes mercados, tratados internacionales y mejorando el estándar de vida de sus habitantes.

Sin embargo, es imposible no hacer hincapié en las particularidades de los datos expuestos. Por una parte, en la no tan relevante presencia del cobre en la actualidad que se sustenta en su mayoría en la dotación de servicios y en el 20% restante del apartado industrial, concentrado en **la industria de manufactura**.

Según Álvaro Merino, Gerente de estudios de la Sociedad Nacional de Minería, lo que está ocurriendo con la baja en los precios y exportaciones del cobre se va a ir sustentando con las demás áreas productivas, quitándole exclusividad a la industria minera, lo que se considera normal cuando una economía se está desarrollando: **los servicios crecen más que las actividades productivas**.

**Los antecedentes dejan explícitos dos puntos claves para el desarrollo económico del país:**

Primero, que Chile posee una gran industria del cobre que a pesar de los inconvenientes y desaceleraciones va a seguir liderando no solo la producción mundial, sino la economía del país por una cantidad de años considerable. No se puede desmentir que la relación con Asia afianza las perspectivas de la minería nacional pues la industria tecnológica está lejos de detenerse y aún hay cobre para suplir esa demanda.

El segundo punto tiene que ver con un apartado más interesante, el que habla sobre la incipiente transformación de la economía nacional. Chile está comenzado a potenciar, quizás de manera natural sus actividades no mineras gracias a mas de dos décadas de desarrollo económico generado por el cobre. La banca, servicios e industrias manufacturera comienzan a cobrar real relevancia para los aportes fiscales y el país, aunque suene ajeno a nuestra realidad, ha iniciado un proceso

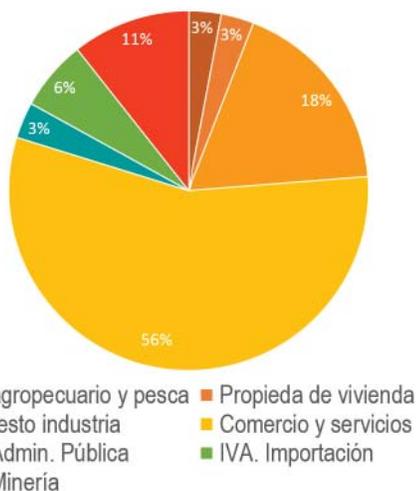


Gráfico arriba

**Aportes al PIB nacional por sectores más relevantes**

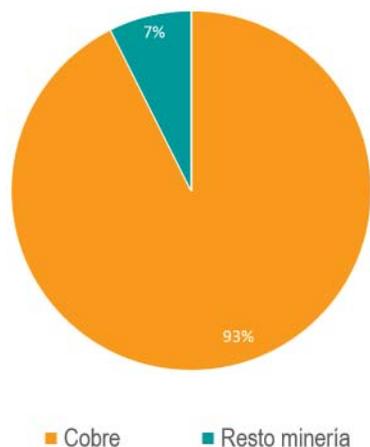


Gráfico arriba

**Aportes al PIB nacional de la industria minera**

**“Si no desarrollamos la demanda del cobre será difícil que la actividad minera pueda mantenerse en el largo plazo”**

Texto arriba

**Cita de Victor Pérez, gerente de Planificación Comercial y Desarrollo de Mercados de Codelco. Entrevista en revista Minería Chilena, 24 de marzo de 2015.**



Imagen arriba

**Primera capa protectora para trabajadores en base a filamentos de cobre.**



Imagen arriba

**Ubre de vaca con aplicación de gel antimicrobiano basado en cobre.**

de industrialización y desarrollo paralelo a la minería. De la misma manera que lo hicieron economías mineras como Canda o Australia y que hoy en día, tras diversificar su industria, han alcanzado el estándar de país desarrollado con altos índices en los indicadores de desarrollo humano y de innovación.

Sin lugar a dudas, el país está entrando a un punto de inflexión donde las decisiones de los próximos 20 años podrían marcar la diferencia entre desarrollo y recesión.

## ANTECEDENTES

### LA DIVERSIFICACIÓN DEL COBRE EN CHILE

Las cifras declaradas demuestran por una parte, la gran importancia que tiene la minería del cobre para la industria mundial y más aún, para la economía nacional. Sin embargo, al ser el principal proveedor de la industria, carga con gran parte de las deficiencias y vulnerabilidades de la industria internacional. Chile depende en gran medida del mercado Asiático, y todo parece indicar que los esfuerzos se han concentrado en **maximizar y optimizar la extracción** más que en buscar **nuevos nichos de mercado**.

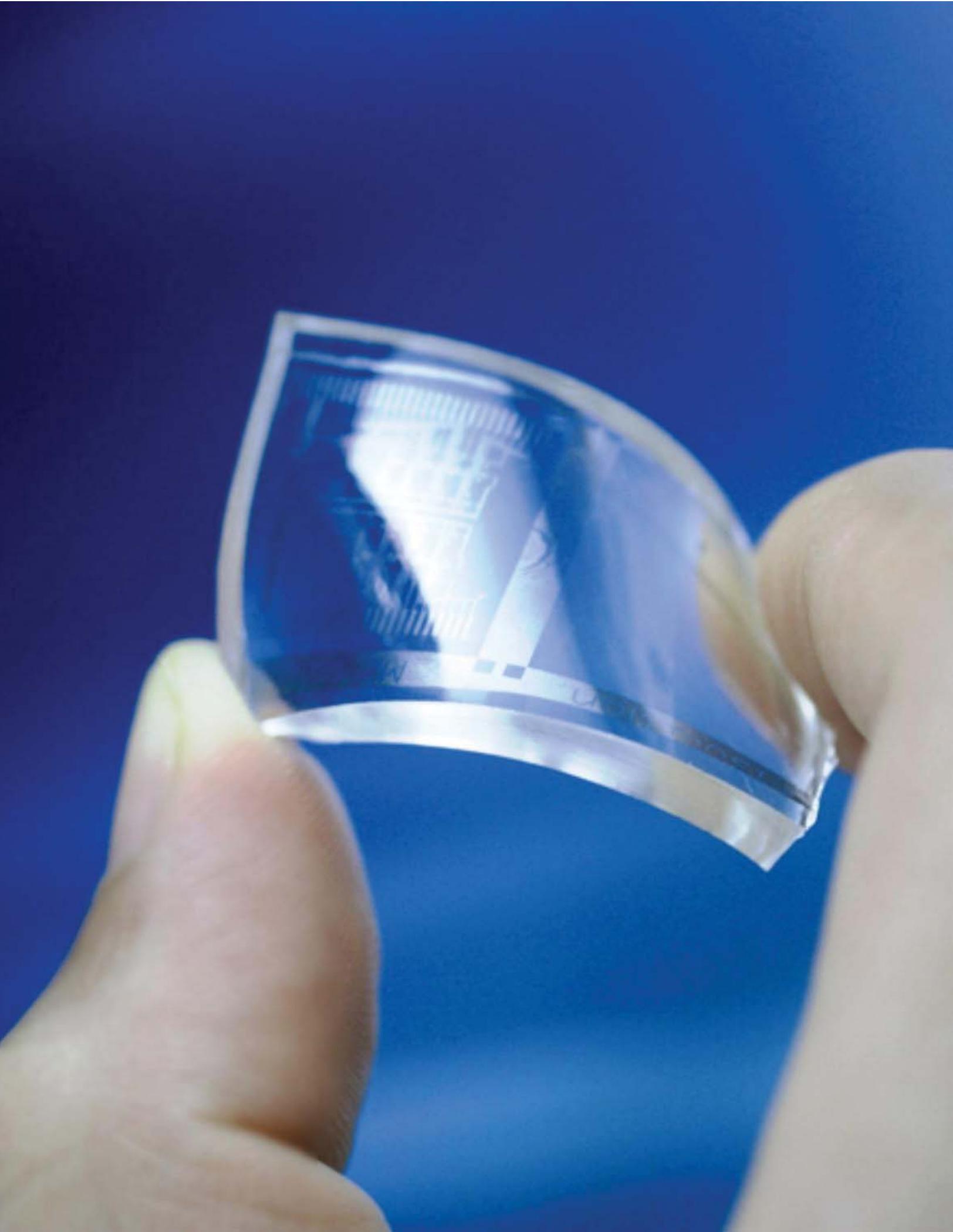
Sin embargo, en los últimos años Codelco de la mano de su filial Codelcolab, ha desarrollado un sistema de financiamiento para proyectos de innovación en el uso del metal rojo; De esta manera se estimula el desarrollo y fabricación de productos de uso cotidiano y especializado que aporten al desarrollo industrial del país.

El gran adelanto, como se mencionó anteriormente, está en los productos de cobre antimicrobiano con la creación de la marca **CU+**. Estos productos han tenido gran aceptación tanto a nivel nacional como internacional aplicándose en hospitales de Chile y Estados Unidos como superficies en muros y tabiques, camas, quincallería y otros adminículos que supongan el contacto directo con la superficie. Otro caso similar ocurre al combinar las propiedades antimicrobianas con **melaminas para revestir superficies de cocinas**, desarrolladas en colaboración con Masisa; se destaca también la confección de calcetines con la empresa Monarch, lo que ha dado paso a un desarrollo más acabado de **textiles en base a cobre** para indumentaria de trabajo.

Un caso excepcional del uso del cobre en industria lo está desarrollando la empresa lechera CowGuard. En conjunto a Codelcolab han desarrollado un **gel con partículas de cobre para el cuidado de ubres de vacas** en temporada productiva lechera, lo que las protege de enfermedades, infecciones y mejora las sesiones de producción.

El caso más exitoso hasta la fecha son las jaulas para cría de salmones Eco Sea, desarrolladas en Chile. No solo demostraron gran performance en el mercado nacional, sino que ya se están exportando como el estándar a nivel mundial.

Cabe destacar que si bien todos los productos basados en cobre tienen un sobrecosto de hasta un 30%, este gasto se cubre por los beneficios marginales que presentan; a medida que se investiguen nuevas técnicas y se desarrollen nuevas tecnologías **la industria del cobre podría dar un segundo salto en la economía nacional**, ahora, desde la manufactura de productos con valor agregado.



## ANTECEDENTES

### GRAFENO: EL MATERIAL DEL FUTURO

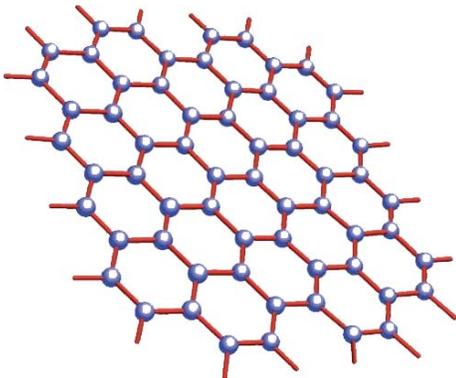


Imagen arriba  
Representación de la estructura atómica del grafeno, basada en enlaces de carbono sp<sup>2</sup>

El grafeno es una sustancia compuesta únicamente en base a átomos de carbono, lo que se denomina alótropo de carbono, tal como los diamantes, el grafito, buckminsterfullerenos etc. Fue descubierto el 2004 por científicos rusos y su principal particularidad está en ser el primer cristal conocido en poseer una estructura bi-dimensional. Su estructura atómica se presenta como una malla hexagonal de 1 átomo de espesor, lo que dota al grafeno de una serie de características únicas y que lo hacen un material prometedor para diversas industrias:

**-Es el material más delgado jamás obtenido**

**-Es el material más resistente (más duro que el diamante y 300 veces más resistente que el acero)**

**-Es mejor conductor eléctrico que el cobre**

**-Es transparente**

**-Es flexible, y puede adoptar cualquier geometría**

Como si fuera poco, en base al grafeno es posible sintetizar nuevos tipos de cristales con variadas propiedades siendo 100% compatibles entre ellos, permitiendo generar nuevas aleaciones para requerimientos específicos; por último, esta construido del **material más abundante de nuestro planeta**, el carbono y su producción se puede realizar a través de un proceso poco invasivo mediante grafito en un laboratorio.

Por todas estas razones y muchas otras que se están descubriendo y mejorando constantemente, el grafeno ha sido denominado el material del futuro. Se le han proyectado usos en prácticamente todas las industrias: Aeroespacial, automotriz, naval, electrónica, energética, medicina, alimentos, indumentaria e incluso en construcción.

Su principal desventaja, propia de cualquier descubrimiento reciente, está en los costos de producción en masa y en la limitante de formatos de funcionamiento (actualmente en polvo y láminas); sin embargo, la comunidad internacional no ha perdido el tiempo y ha concentrado grandes cantidades de recursos en sacar adelante esta tecnología lo más pronto posible:

La **Unión Europea** creó el **“proyecto grafeno”**, destinando la suma de **US\$ 1350 millones** para que los laboratorios puedan desarrollar las tecnologías necesarias para su **masificación en 10 años**.

**Corea del sur**, líder en el comercio y desarrollo tecnológico, destina **US\$350 millones** para incorporarlo en sus múltiples productos.

El **Reino Unido** destinó un capital inicial de **US\$75 millones**.

En cuanto a las patentes ligadas al grafeno, los líderes indiscutidos son **Estados Unidos, China, Japón y Corea del sur**. No esta demás destacar que **los principales importadores de cobre chileno son los países que más recursos están invirtiendo en el desarrollo de este material**.

Por otro lado, desde la industria minera nacional, se afirma que el cobre no está en peligro inmediato de ser reemplazado, pues sigue siendo una alternativa “buena, bonita y barata” y que el grafeno aún tiene tiempo para alcanzar la relación de precio/beneficio del cobre. Uno de sus argumentos está en la crisis salitrera, afirmando que el salitre sintético demoró más de 20 años desde su descubrimiento para reemplazar al salitre nacional, y que si bien los tiempos de desarrollo tecnológicos cada vez son más acotados, la industria estará atenta a los anuncios sobre el “material del futuro”, y a la espera de lo que pueda decir la comunidad científica internacional y nacional.

Página de la izquierda  
Circuitos de grafeno elásticos sobre una lámina de silicón.

## ANTECEDENTES

### EL PANORAMA CIENTÍFICO NACIONAL

*“Tenemos del orden de 600 a 800 graduados de doctorados en Chile o en el mundo, disponibles para iniciar un cambio fuerte. Nunca en la historia de nuestro país nos habíamos encontrado con ese capital disponible”.*

Texto arriba

Cita de Francisco Brieva, presidente de Conicyt en encuentro Chile global 2014.



Imagen arriba

Desde la izq. Gonzalo Vargas Otte y Gonzalo Rivas en el encuentro Chile global 2014.

*“Vivimos la época del salitre y la desperdiciamos, no queremos desperdiciar lo mismo en la época del cobre y yo creo que el país está más maduro para dar un salto significativo. Eso significa diseñar una estrategia. No basta con tener la plata y crear un ministerio, tienes que ver el capital avanzado, cómo lo conectas con el desarrollo tecnológico y con la innovación empresarial”*

Texto arriba

Cita de Gonzalo Rivas, presidente del Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID, ex CNIC), líder de la comisión Ciencia para el desarrollo de Chile 2015.

En la actualidad Chile se encuentra en el puesto n° 46 del ranking de innovación global, tabla que mide a los países según la calidad de sus Instituciones, Capital Humano & Investigación, Sofisticación del mercado, Outputs de Tecnología y Conocimientos, Outputs creativos entre otros. Básicamente, mide la capacidad de las naciones para innovar y generar contenido que ayude en el desarrollo de la humanidad.

Durante el año 2008, Chile se mantenía en la posición 33 del ranking y lideraba el ranking latinoamericano, pero esta fue decayendo año a año hasta la posición actual y quedando n°2 a nivel latinoamericano, cediendo el primer lugar a Barbados. Esto no quiere decir que Chile haya modificado su manera de hacer ciencia, todo lo contrario, es un claro reflejo de que no se están haciendo los cambios necesarios a diferencia de otros países de la región; **cambios de índole político.**

Para verificar esto basta con ver otros indicadores del mismo estudio. Los peores resultados de Chile se encuentran en las áreas de: **eficiencia en la innovación (93), Educación (74), Difusión de conocimiento (royalties por creaciones, productos tecnológicos)(104).**

La mayoría de los valores negativos están en directa relación con la capacidad de desarrollar y difundir conocimiento en forma de Outputs creativos (productos, patentes, tecnologías etc.), lo que contrasta con las cifras positivas en relación al trabajo científico/académico: **relación academia e industria (39), Investigación y desarrollo (45), modelo de organización para tecnologías de la información y comunicación (36).**

Los indicadores muestran que la comunidad científica está haciendo su parte en el asunto, pero sin logros significativos; los expertos tienen muy claro cuál es el real causante de este problema: **La falta de una insitucionalidad científica.**

La inexistencia de un ministerio dedicado al desarrollo científico y tecnológico en Chile ha creado un panorama complejo a la hora de encaminar el quehacer científico del país; se dificulta la tarea de definir mecanismos de transferencia de conocimiento entre el sector productivo y público, impidiendo la realización de políticas públicas en pos del desarrollo. **El sistema está fragmentado.**

Diversas han sido las posturas de los últimos gobiernos en cuanto al tema. Los últimos gobiernos de la concertación se enfocaron en desarrollar clúster de actividades específicas, ligadas a las áreas mineras y agropecuarias. En el Gobierno del Presidente Sebastián Piñera hubo un cambio en la estrategia, ahora incentivando a todas las áreas que puedan presentar un potencial en desarrollo científico/tecnológico/industrial, sin discriminación. Se creó, en ese entonces, la comisión asesora en ciencia, tecnología e innovación, que definió la creación de un ministerio de la Ciencia y el proyecto fue enviado, pero con el cambio de mandatario quedó en el olvido.

Hoy, en el gobierno de la Presidente Michelle Bachelet, se ha creado una instancia similar, la comisión Ciencia para el desarrollo de Chile, con el objetivo de plantear las bases y el financiamiento para crear el tan esperado ministerio, liberando a Conicyt, una institución a cargo del ministerio de educación, de todo el quehacer científico del país.

Se espera que al ordenar el panorama en torno a un ministerio se faciliten los mecanismos de transferencia de información y conocimiento, además de aumentar en un plazo prudente el 0,35% del PIB que actualmente recibe Ciencia y Tecnología hasta un 0,7-0,8%.

## ANTECEDENTES

### DISCUSIÓN

Ya expuestos los antecedentes que enmarcan el contexto de la problemática a tratar se empiezan a vislumbrar algunas directrices interesantes.

En cuanto a la minería del cobre, La posición de Chile como líder indiscutido sigue y seguirá intacta en el mercado internacional debido a su constante capacidad de responder a la oferta y demanda contemporánea. La gran demanda de cobre por su alta capacidad conductiva sumado a los fuertes lazos de intercambio con China ofrecen un panorama relativamente estable para la economía nacional en el mediano plazo, tomando en cuenta las vulnerabilidades del mercado y las bajas constantes en el precio del metal..

Si se toma en cuenta la actual transformación que está sufriendo el mercado nacional, avanzando lentamente hacia una economía menos dependiente del cobre y que comienza a privilegiar sus servicios e industria manufacturera (debido a las recientes bajas en las cifras de minería), podemos referirnos a Chile como un país que está comenzando un incipiente proceso de industrialización interna propio de una economía que se proyecta al desarrollo.

El cobre, que propició esta situación con periodos de abundancia y altos aportes al fisco, hoy también comienza a diversificarse en nuevos usos para el metal que amplían aún más el panorama industrial y mejoran las expectativas del cobre nacional hacia el futuro.

Lo anterior, se traduce en una primera respuesta al desarrollo de tecnologías disruptivas en economías basadas en recursos naturales. Queda expuesto que el grafeno u otro derivado de éste, sin caer en pronósticos acelerados, va a reemplazar al cobre y a una diversidad de otros materiales en el futuro, con una consiguiente mejora en nuestra calidad de vida y en impacto ambiental; No se puede remar contra la marea.

Sin embargo, tanto la industria como la comunidad científica están a tiempo de diversificar ya no como producto aislado, sino a una macro escala nacional la industria tecnológica del país; De esta manera, de la mano de la industria minera, el capital humano especializado que año tras año crece en Chile y con una institucionalidad científica acorde al siglo XXI, el país está en condiciones de sacar adelante una serie de proyectos con fines tecnológicos e industriales como nunca se han visto en la región.

Con las futuras mejoras en los mecanismos actuales de financiamiento, con una idea clara de las líneas investigativas del país y con una propuesta convincente de trabajo entre sectores productivos, públicos y académicos apoyados por políticas que protejan a inversionistas y a investigadores por igual, la idea de un proyecto de desarrollo tecnológico-industrial cobra más sentido que nunca.

**Los indicadores son claros; el país necesita proyectos de desarrollo tecnológico industrial, pero a diferencia de épocas anteriores, ahora está en posición de exigirlos.**



## PROYECTO IDEA

De acuerdo al panorama actual analizado en los antecedentes, el proyecto debe enfocarse en la realización de un **edificio para la investigación**. Debe ser un edificio no sólo capaz de generar conocimiento a nivel académico, sino que fomentar la realización de outputs creativos y tecnológicos; **debe trabajar por y para la industria**.

Se define la industria minera, en particular **la industria del cobre**, como el foco de un proyecto que busca aprovechar el conocimiento y prestigio generado a lo largo de casi un siglo en torno al metal rojo; Se apela a trabajar en conjunto con mineras y su capital humano y económico para generar un equipo de trabajo de clase mundial, aportando al desarrollo de una industria tecnológica nacional mediante el estudio del cobre en diversos aspectos.

Para este cometido se elige la dinámica de **laboratorio**, con el fin de impulsar un trabajo científico constante, dedicado tanto a la investigación como a la experimentación de nuevos usos y tecnologías basadas en el cobre:

### EL Laboratorio para la Investigación Tecnológica Industrial del Cobre: LITIC



## NUEVA INDUSTRIA TECNOLÓGICA DEL COBRE

Página de la izquierda

Edificio “Globe of Science and Innovation”,  
centro de visitantes del Laboratorio CERN,  
Geneva, Suiza.

## PROYECTO CRITERIOS DE LOCALIZACIÓN

Para definir la localización de un edificio de laboratorios se deben tener en cuenta 3 criterios generales:

Se refiere a los elementos que permiten la correcta realización de la actividad investigativa. El concepto de Clúster (Agrupar) hace referencia a la necesidad de conformar un ambiente encapsulado en torno a una actividad macro. De esta manera el edificio se nutre las oportunidades que ofrece el entorno para asegurar un trabajo investigativo fluido.

**(análisis urbano)** Se refiere a las características positivas que ofrece el emplazamiento para propiciar la permanencia de los equipos humanos de investigación; permite compatibilizar el trabajo con una buena calidad de vida.

**(análisis urbano)** Se refiere a las condiciones técnicas del terreno para emplazar un edificio de laboratorios. Se toma en cuenta la alta carga de instalaciones necesarias, el requerimiento energético y los aspectos legales de cada comuna.



**PROYECTO**  
**CONFORMACIÓN DE UN CLUSTER CIENTÍFICO**

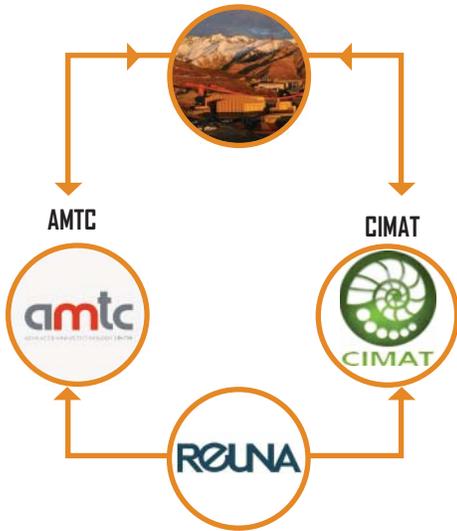


Conectividad con + 40.000 instituciones a nivel mundial.

\*Instituciones destacadas en el ranking web de centros de investigación

# MACHALÍ

EL TENIENTE



Esquema, arriba

Esquema de colaboración propuesta para nuevo cluster tecnológico/minero/industrial en Machalí.

## PROYECTO MACHALÍ COMO ZONA ESTRATÉGICA

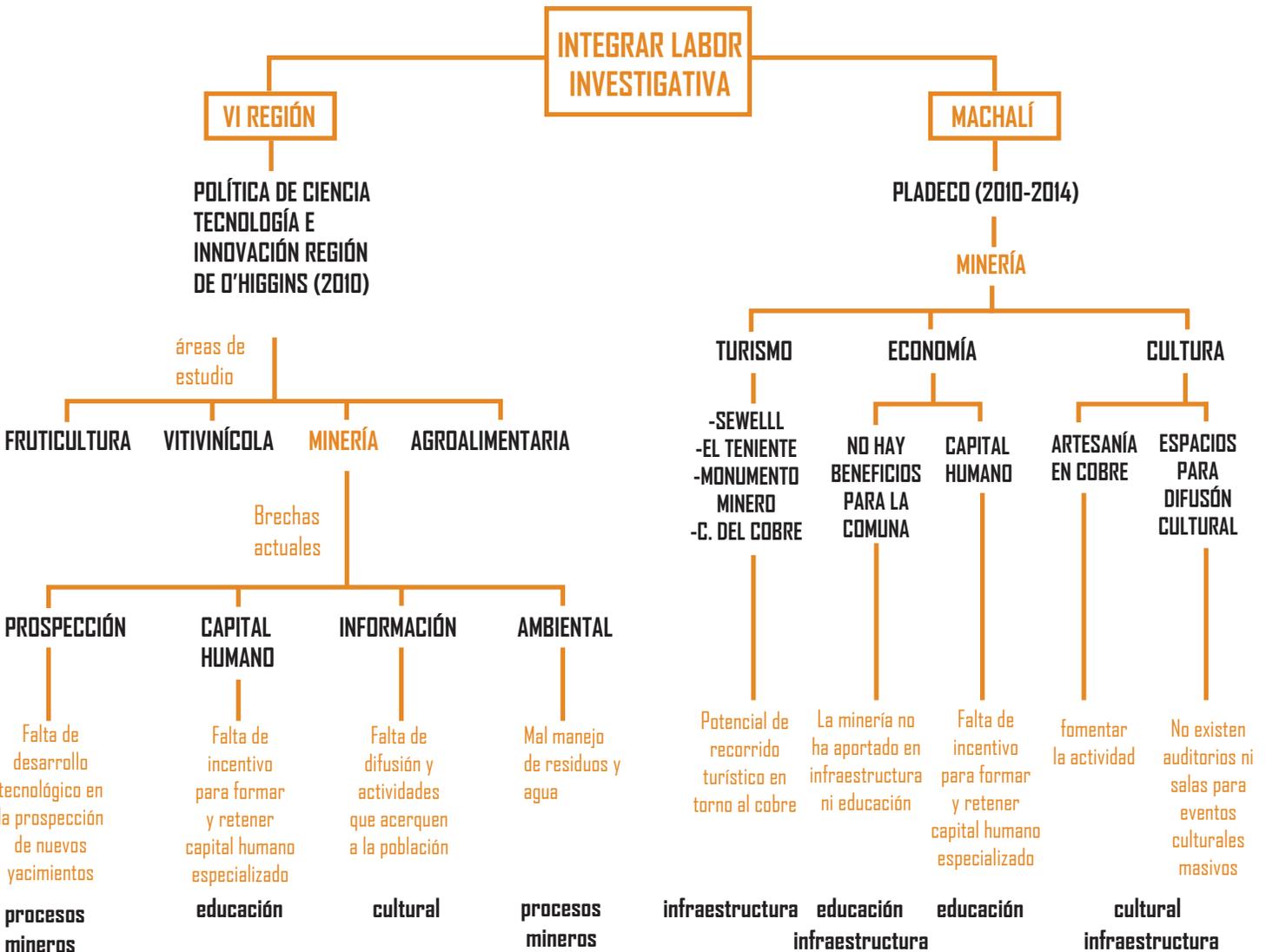
Los antecedentes dan a conocer dos puntos relevantes en la formación de un cluster tecnológico/minero/industrial en el país:

1. **Antofagasta**, la ciudad con el mayor potencial, ya posee un clúster desarrollado entre diversas mineras, Universidades y centro de investigación enfocado en la investigación para procesos mineros y desarrollo tecnológico.

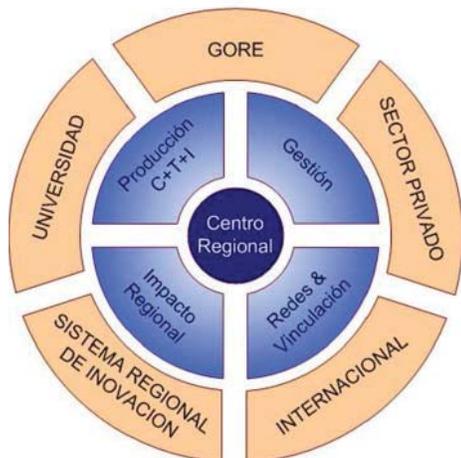
2. **Machalí**, demuestra un potencial no solo de desarrollo a nivel minero debido a la presencia del teniente, sino también de integración científica a nivel nacional. Se puede apreciar que no existen instituciones de desarrollo científico avanzado en la región generando un aislamiento de norte a sur. Por otro lado, la Ubicación privilegiada de la VI región permite interactuar de manera equitativa con todo el territorio, en especial por su cercanía con la capital.

Bajo estos criterios, se define **Machalí**, como punto estratégico de localización de un nuevo Clúster tecnológico/minero/industrial para Chile, bajo el siguiente esquema de colaboración científica-académica-industrial:

**Codelco(El teniente)- FCFM Universidad de Chile (amtc, cimat)-Red Reuna.**



## PROYECTO GESTIÓN Y FINANCIAMIENTO INICIAL



Esquema, arriba

**Diagrama de vinculación para centros regionales Conicyt.**

Basado en los criterios de integración de labor investigativa, se desprende que el proyecto debe atender las siguientes área de interés para la región/comuna:

### **Investigación, Educación y Cultura.**

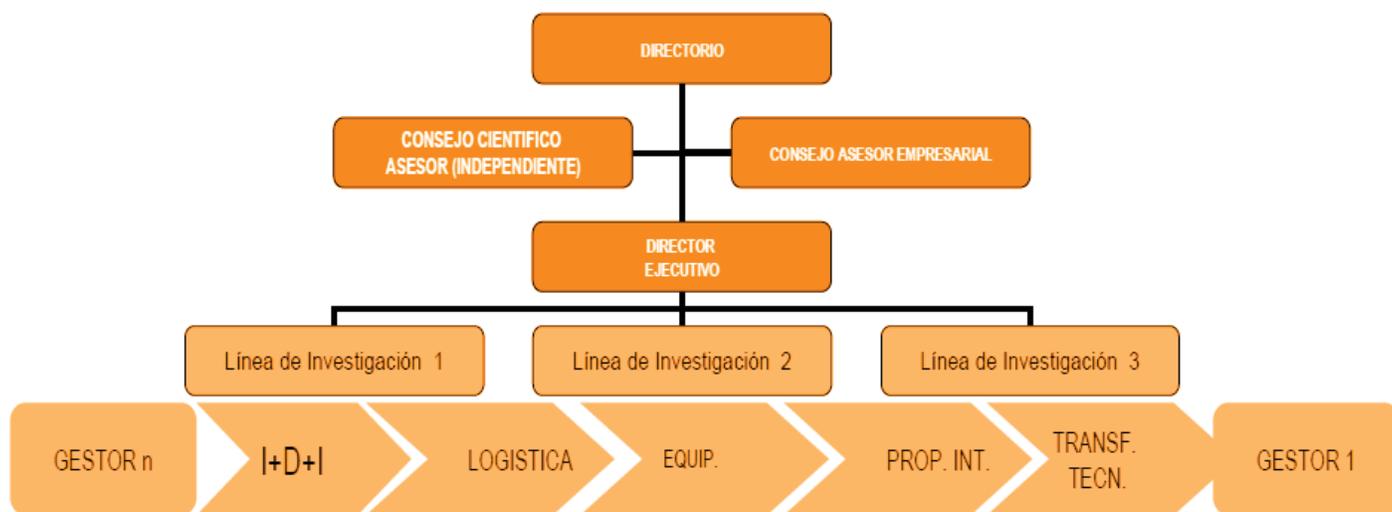
Para esto, el edificio proveerá de infraestructura y programas de participación ciudadana en paralelo a la labor investigativa principal, lo que define una estructura de financiamiento mixta:

### **Programas regionales Conicyt:**

El Programa Regional, a través de la creación de Centros Regionales de Investigación Científica y Tecnológica tiene como Objetivos Generales:

1. Promocionar y fortalecer la base científica y tecnológica regional.
2. Fomentar la formación, movilidad y atracción de capital humano avanzado para el desarrollo de Ciencia y Tecnología regional.
3. Contribuir al desarrollo de estrategias y políticas de CyT, articulándose con actores regionales y nacionales del SNIC.
4. Contribuir a que cada región posea y desarrolle capacidades de excelencia en CyT, en forma coordinada con las políticas de desarrollo regional y del país.

Cada uno de estos puntos está en estrecha relación con los objetivos generales de la investigación científica de LITIC, por lo que se conforma como la opción mas adecuada y realista para financiar el área investigativa del proyecto, y que se puede considerar como una **etapa inicial del edificio**. La estructura devinculación sigue la misma lógica de los criterios de localización presentados: Se considera indispensable pertenecer a una red de investigación global, vincularse a universidades y poseer una gestión mixta entre industria y gobierno regional.



Esquema, arriba

**Diagrama de organización interna para centros regionales Conicyt.**

La estructura organizacional de los centros Conicyt permite a los investigadores generar productos valorables en términos económicos, ya sea de tipo social-pública o privada, adjudicando fondos concursables por distintas fuentes de financiamiento internacionales y nacionales, públicas o privadas. Ligado a ello, se encuentra la capacidad de transferir el conocimiento generado a través de la **creación de spin off, patentes y/o servicios** hacia distintos usuarios potenciales de sector que signifiquen otros financiamientos. Por ello, es que **la vinculación con los sectores empresariales y entidades sociales-públicas tiene vital importancia**, puesto que la investigación, generación de conocimiento y entrega de soluciones debe estar vinculada con la demanda.

## COSTO DE CONSTRUIR UN LABORATORIO SEGÚN TIPO DE INSTALACIÓN (2014)

Building type	2014 \$/gsf
Biomedical facility	449-469
Animal research facility	556-607
Toxicology facility	494-556
Chemistry research facility	494-546
Biology research facility	453-484
Analytical chemistry facility	377-418
Software development lab	331-364
Hardware development lab	397-439
GMP production facility Class 10,000	556-653
GMP production facility Class 1,000	725-834
GMP production facility Class 100	920-1,050
BSL-3	484-525
BSL-4	525-566
Greenhouse	337-406
K-12 biology/chemistry teaching lab	375-449
Advanced physical science research	535-746
Nanotechnology research facility	696-910

Tabla, arriba

**Tabla referencial de costos en US\$ por pie cuadrado (gsf) para infraestructuras de investigación (HLW International LLP, Faithful+Gould)**



Gráfico, arriba

**Variación porcentual de los valores de tabla de costos según ciudad.**

Realizando la conversión en base a tabla referencial, un edificio de investigación de última generación debería costar alrededor de US\$5000 por metro cuadrado (aprox. \$3.000.000 clp por metro cuadrado). Estos valores se deben principalmente a la sofisticación de las instalaciones necesarias y sirven para crear un panorama global de los costos iniciales del edificio. También se debe tener en cuenta que los valores de la tabla están basados en una zona particular de Nueva York, y que dependiendo de su localización estos valores pueden variar considerablemente; tal es el caso de Ciudad México (81%) o Sao Paulo (71%) para ejemplificar casos latinoamericanos.

Debido a la participación que tiene el Teniente en la región, **Codelco y su filial CodelcoLab** son una opción estratégica para plantear una metodología de trabajo conjunto que beneficie tanto a la región como a la industria.

Según el plan de desarrollo comunal de Machalí (pladeco), División El Teniente sólo ha realizado aportes significativos en la ciudad de Coya y a labores de pavimentación de rutas camioneras. Según el documento, esto se debería a que Coya concentra gran parte de la mano de obra minera no especializada (mineros, jornales entre otros). Esto da a entender que Codelco está dispuesto a invertir en infraestructura y programas de participación ciudadana en la medida que esto genere beneficios para la labor minera. Desde ese punto de vista, la participación activa de un laboratorio para procesos mineros no sólo tiene el potencial de ahorrar enormes sumas de dinero para El Teniente, sino que se conforma como el Link principal para establecer una relación directa entre la mina y la comuna.

Para suplir tanto las necesidades del laboratorio, como los intereses regionales y comunales, el esquema de colaboración conjunta El Teniente-Litic se conforma de la siguiente manera:



**Codelco:** financiamiento de iniciativas culturales, instalaciones para difusión de la actividad minera a nivel regional-comunal y apoyo a labor investigativa en procesos mineros.

**Conicyt:** Financiamiento de instalaciones de investigación, convenios de investigación y desarrollo de patentes entre otros.

**Gore-Municipio:** Apoyo en iniciativas educativas, vinculación del laboratorio con colegios y universidades locales, apoyo mediante fondos de investigación locales.

Tomando en cuenta las necesidades de la comuna presentadas anteriormente, el programa se divide en dos usos diferenciados para el mismo proyecto: **Laboratorio+Centro Cultural**

**El programa de Centro Cultural y Biblioteca** está desarrollado en base a los estándares internacionales de la IFLA bajo la categoría II Bibliotecas de Ciencia y Tecnología y a las recomendaciones del Consejo Nacional de la Cultura y las Artes (CNCA) y la Dirección de Bibliotecas y Archivos Museográficos (DIBAM).

Recinto	Sup. Útil (m2)	Cant.	Sup. Total (m2)
<b>BIBLIOTECA</b>			
Hall de acceso principal (común a lab)	245	1	245
Control de acceso e informaciones	54	1	54
Lockers	30	1	30
Préstamo	20	1	20
Hemeroteca	40	1	40
Archivo	85	1	85
Revisión	20	1	20
Área de revistas	30	1	30
Área de papers	15	1	15
Colección científica infantil	50	1	50
Colección científica juvenil	40	1	40
Colecciones de especialidad	24	3	72
Salas de estudio	10	6	60
Coffee Break	24	1	24
<b>EXTENSIÓN</b>			
Taller multiuso	45	1	45
Taller de ciencia y tecnología (escolares)	44	1	44
Taller de manualidades en cobre	42	1	42
Bodega	16	1	16
Auditorio (común a Lab)	390	1	390
<b>MEDIOS DIGITALES</b>			
Sala de lectura y wifi	47	1	47
Sala de computación y repositorio digital	28	1	28
Sala audiovisual	40	1	40
<b>ADMINISTRACIÓN</b>			
Showroom y difusión (sala de ventas lab)	117	1	117
Oficina dirección	24	1	24
Secretaría	22	1	22
Sala de reuniones	20	1	20
Sub total			1620
35% circulaciones y Servicios Higiénicos (DIBAM)			567
<b>Total</b>			<b>2187</b>

**El programa de laboratorio** ha sido elaborado en base a dos elementos claves:

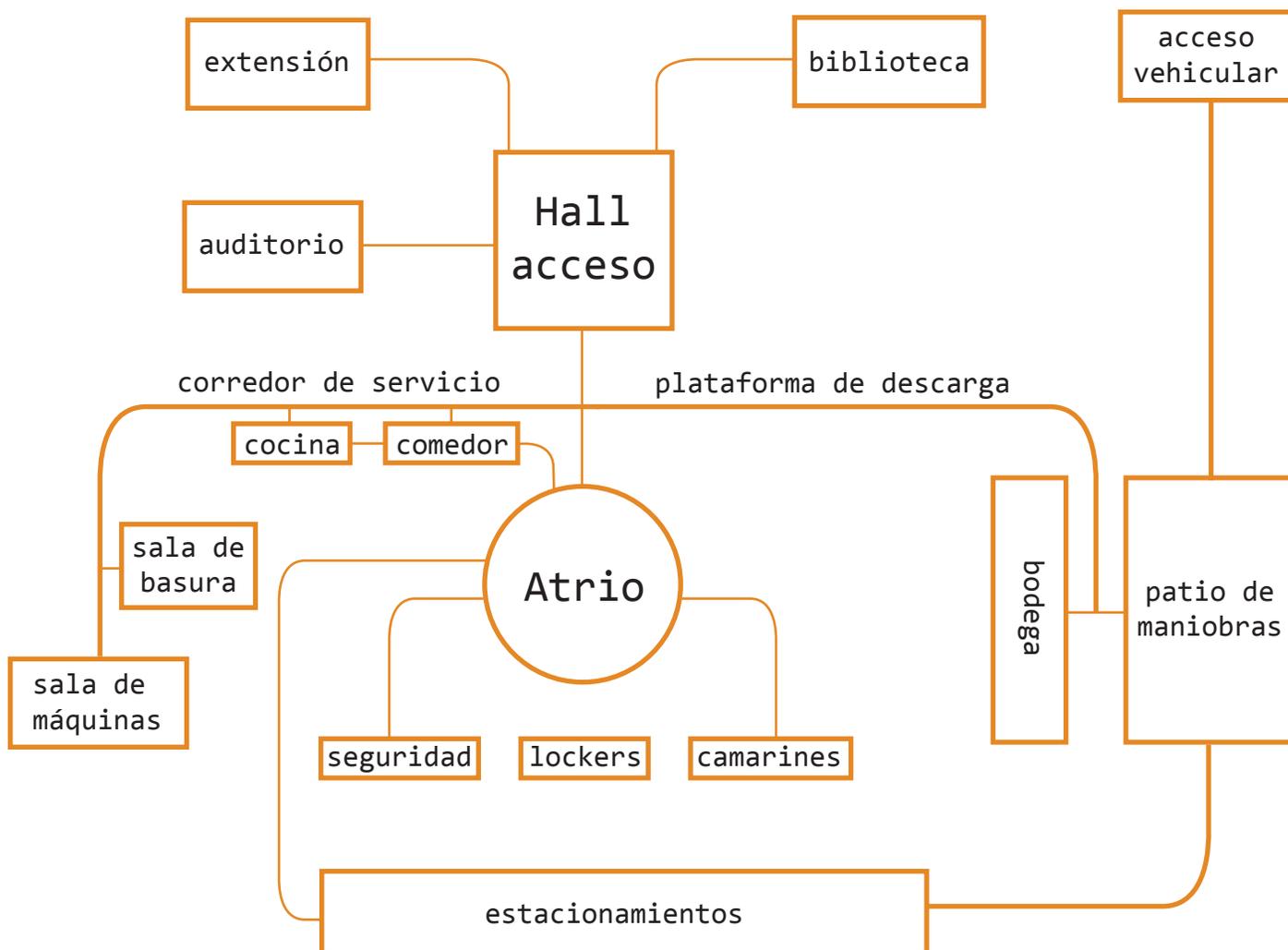
**1. La bibliografía especializada para el diseño de laboratorios:** *Research and Tecnology buildings, a design manual* (Hardo Brawn, Dieter Gromling) y *Building type basics for Research Laboratories* (Stephen A. Kliment); Sumado también a los referentes expuestos en el documento.

**2. La participación de los investigadores del laboratorio de materiales de la FCFM de la Universidad de Chile:** Debido a que el desarrollo de un laboratorio depende en su mayoría de las necesidades particulares de los investigadores, se ha realizado una experiencia de mandante-arquitecto con investigadores de la Universidad, para conseguir un planteamiento inicial coherente. La propuesta investigativa I+D corresponde a áreas con alta proyección internacional en el uso del cobre recomendadas por los profesionales de la Universidad de Chile; éstas se presentan como un planteamiento inicial para el funcionamiento del lab que deberá estar diseñado para modificar las áreas de I+D siempre que se requiera.

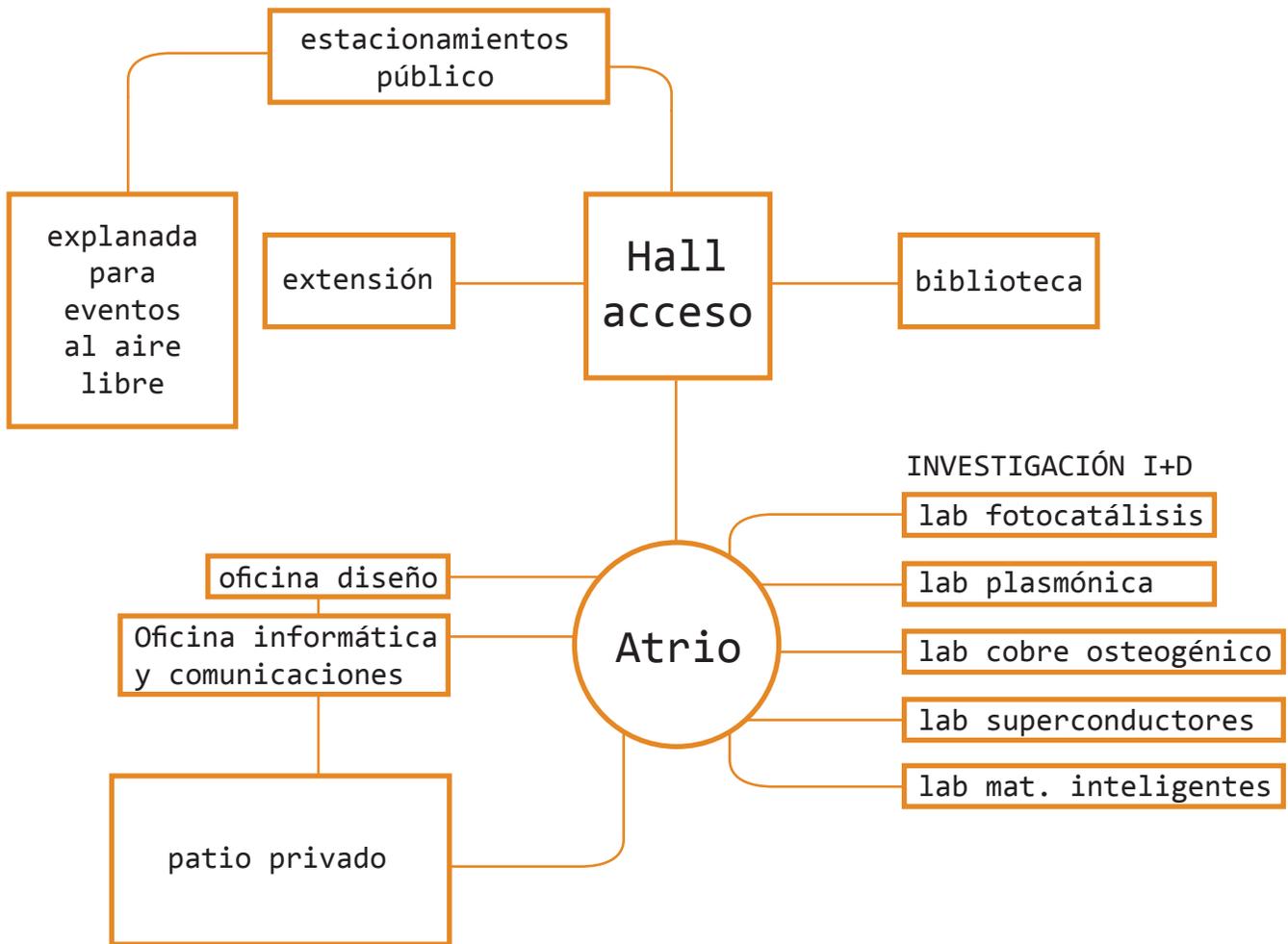
Recinto	Sup. Útil (m2)	Cant.	Sup. Total (m2)
<b>INVESTIGACIÓN EN PROCESOS MINEROS</b>			
Lab de diseño y planificación minera	43,2	2	86,4
Lab de modelamiento y exploración de yacimientos	43,2	1	43,2
Lab de proceso de minerales y metalurgia extractiva	43,2	3	129,6
Lab de agua y sustentabilidad en minería	43,2	2	86,4
Lab de automatización en minería	43,2	1	43,2
Escritorio de anotaciones	20,4	5	102
Oficina director de investigaciones	25,8	1	25,8
Coffee kitchen	5	3	15
Zona de descarga	15	1	15
<b>INVESTIGACIÓN I+D EN COBRE (Labs variables en el tiempo, programa propuesto)</b>			
Lab de energía: plásmónica y solar	43,2	2	86,4
Lab tratamiento de agua: fotocátalisis	43,2	2	86,4
Lab de medicina regenerativa: cobre osteogénico	43,2	1	43,2
Lab de superconductores	43,2	2	86,4
Lab de materiales inteligentes	43,2	2	86,4
Escritorio de anotaciones	20,4	5	102
Oficina director de investigaciones	25,8	1	25,8
Sala de reuniones investigación	43	3	129
Coffee kitchen	5	3	15
Zona de descarga	15	1	15
<b>ÁREA COMÚN Y SERVICIOS</b>			
Recepción e informaciones Atrio	114	1	114
Sala de estar Atrio	264	1	264
Coffee Break Atrio	170	1	170
Terraza comedores Atrio	115	1	115
Total Atrio	663		
Comedor	127	1	127
Cocina	69	1	69
Auditorio (común a centro cultural)	390	1	390
Bodega general de insumos, equipos y desechos químicos	180	1	180
Plataforma de carga/descarga interior	43	1	43
Plataforma de carga/descarga exterior	105	1	105
Sala de basura	36	1	36
Camarines	56	1	56
Lockers	25	1	25
Sala seguridad CCTV	25	1	25
Sala de máquinas y grupo electrógeno	60	1	60
Sala húmeda: agua, bombas y calderas	70	1	70

ADMINISTRACIÓN Y APOYO INSTITUCIONAL			
Oficina de administración	18	1	18
Secretaría de administración	18	1	18
Oficina recursos humanos y Contabilidad	36	1	36
Oficina de patentes	24	1	24
Oficina de marketing	24	1	24
Oficina de prevención de riesgos	24	1	24
Sala de reuniones administración	36	1	36
Showroom y sala de ventas (común a centro cultural)	117	1	117
Oficina de informática y comunicaciones	36	1	36
Sala de servidores	14	1	14
Oficina de diseño	36	1	36
Sala de prototipado	14	1	14
Sub total			3741,2
Circulaciones y Servicios Higiénicos según carga de ocupación			1309,42
<b>Total</b>			<b>5050,62</b>

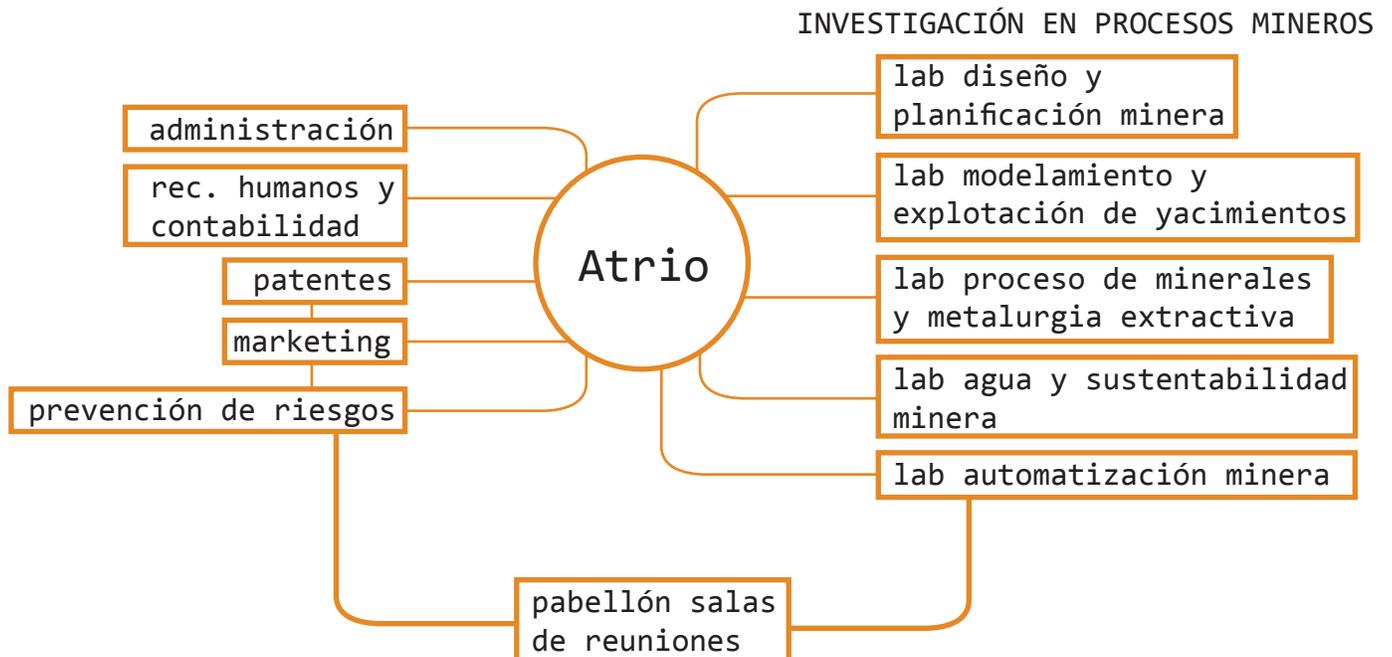
### RELACIÓN ORGANIZACIONAL NIVEL -1 (-4.00m)



RELACIONE ORGANIZACIONAL NIVEL 1 (+0.00m)



RELACIÓN ORGANIZACIONAL NIVEL 2 (+4.00m)





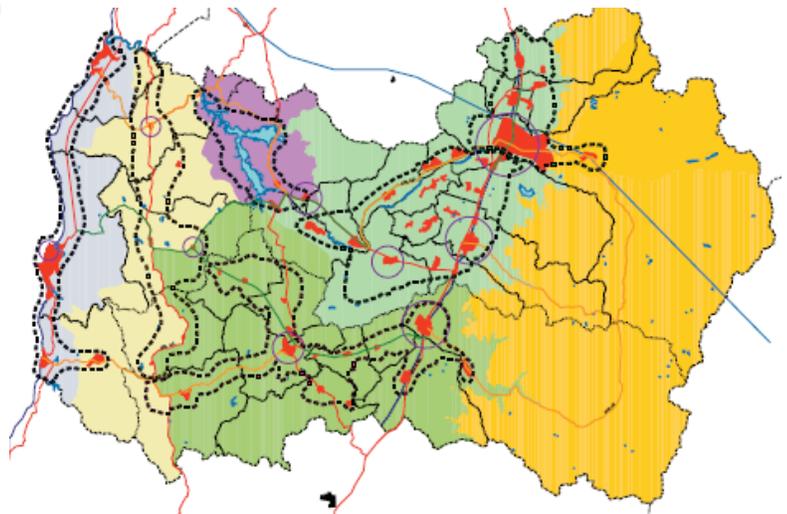
## ANÁLISIS URBANO ZONIFICACIÓN REGIONAL

La VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins se ubica en la zona central de Chile, limitando con la V y RM al norte y al sur con la VII región. Posee una superficie de 16 387 km<sup>2</sup> y una población estimada al año 2010 de 883 368 habitantes.

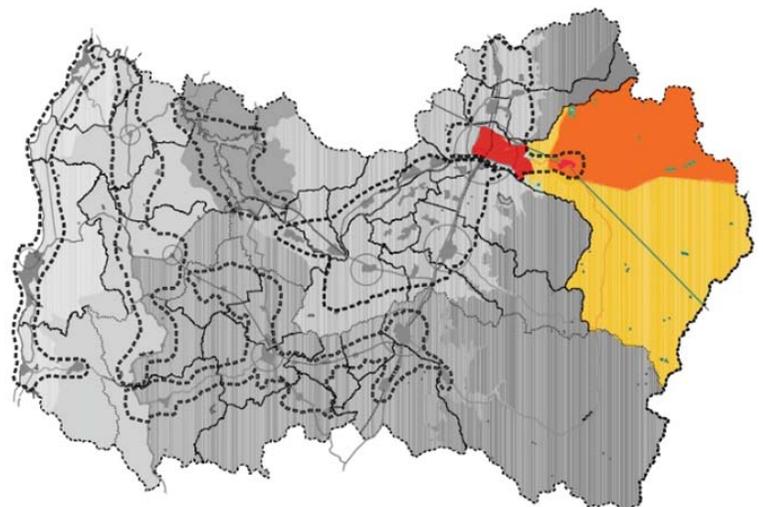
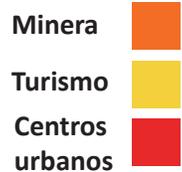
Dividida en  
3 capitales  
provinciales con  
capital regional  
Rancagua



4 macrozonas  
productivas según  
PRDU



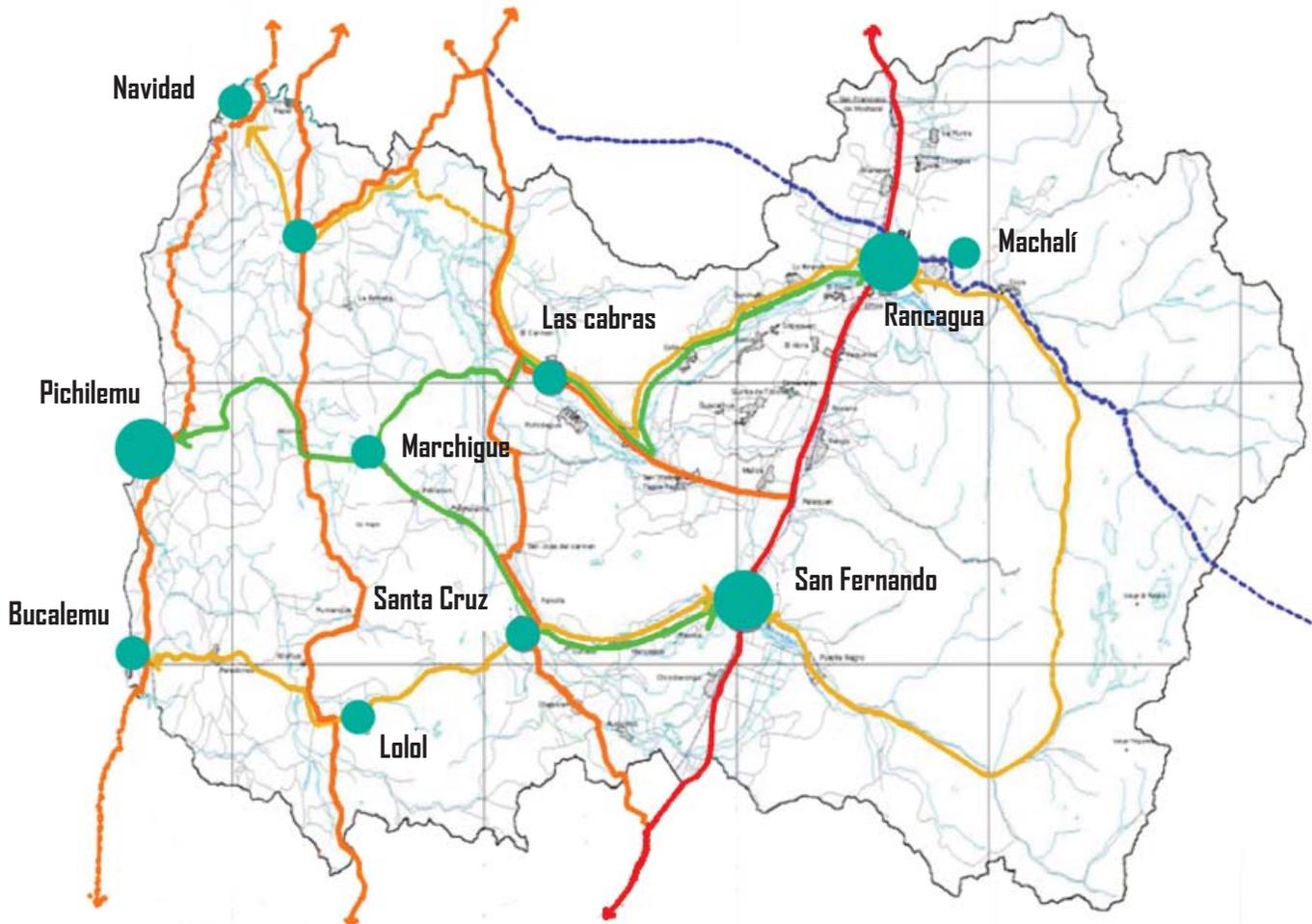
La macrozona  
minera se ubica en  
el sector andino de  
Machalí (mina el  
teniente)



# ANÁLISIS URBANO

## VIALIDAD ESTRUCTURANTE REGIONAL

El PRDU define 5 tipos de vías estructurantes según escalas de conexión.



### Conectividad Internacional: Rutas de conexión a nivel internacional

**Corredor transatlántico** (proyectado). Conectará las ciudades de San Antonio (V región), Rancagua y Machalí con Argentina.

### Conectividad Nacional: Rutas de conexión con aeropuertos y capitales regionales.

**Ruta 5**. Arteria principal a nivel nacional. Conecta la región con el resto del país.

### Conectividad Interregional: Rutas de conexión norte-sur con regiones limítrofes

**Ruta nacional costera-Ruta de la madera-Ruta de la fruta**

### Conectividad Intraregional principal: Rutas de conexión oriente-poniente entre capitales provinciales

Rutas de conexión con nodo en Marchigue

### Conectividad Intraregional secundaria: Rutas de conexión entre centralidades intermedias y menores

Conectividad en todos sentidos (perimetral). Conecta el resto de las rutas, une las distintas macrozonas y suple la falta de conectividad cordillerana.

## ANÁLISIS URBANO MACHALÍ



Imágen, arriba  
**Vista aérea de uno de los más de 30 proyectos habitacionales construidos en la comuna.**

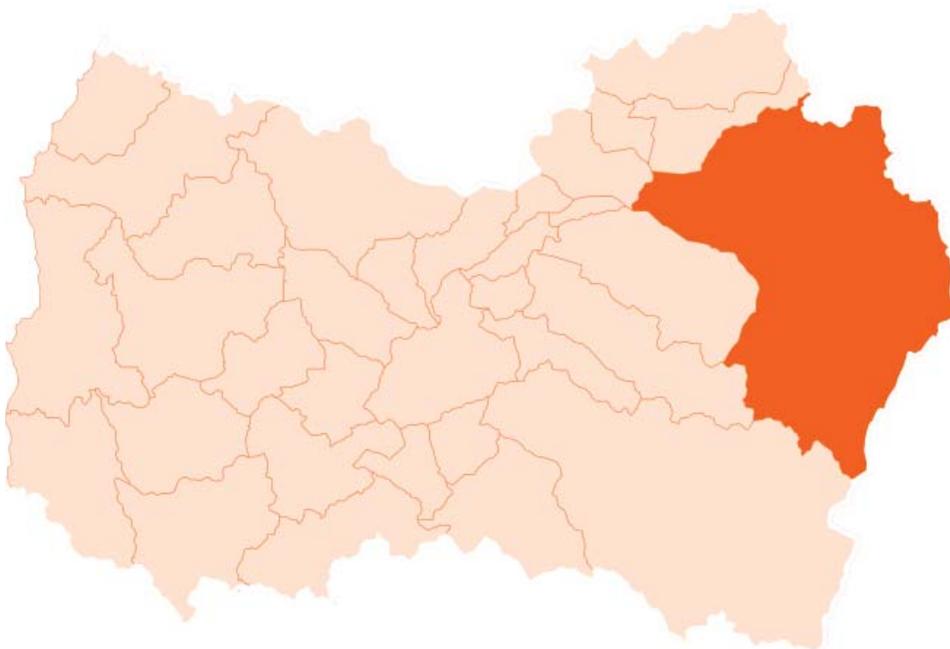


Imágen, arriba  
**Acceso condominio Jardín inglés en Machalí.**  
Los nuevos proyectos inmobiliarios están principalmente enfocados en viviendas de recursos medios altos y altos en proyectos de condominios y parcelas de agrado.



Imágen, arriba  
**Congestión vehicular entre tramos Machalí-Rancagua**

La macrozona minera de la VI Región abarca el sector andino de la comuna de Machalí, definida como punto estratégico para la conformación del Clúster minero anteriormente presentado.



Machalí se ubica en la Provincia de Cachapoal, y cuenta con 2.597 km<sup>2</sup>, que equivalen al 15,8% de la superficie regional, siendo la de mayor tamaño de la región. Gran parte del territorio comunal (97,4 %) corresponde a la Cordillera de Los Andes, por lo que la mayor concentración demográfica se da en las planicies de los valles del Río Cachapoal.

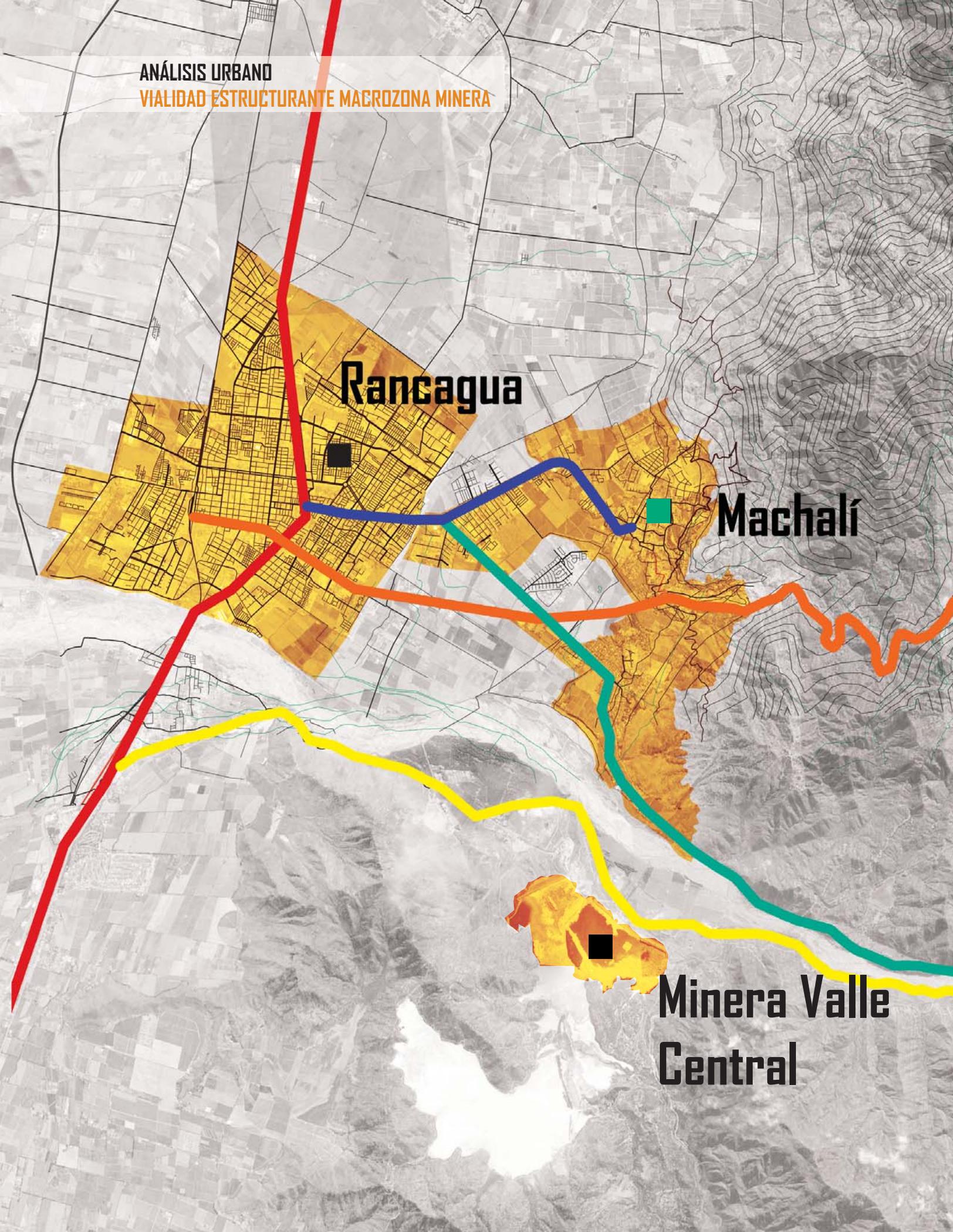
La población de Machalí es de 44.000 personas, cerca de un 40% superior al último censo 2002. Del total, un 93,8 % es urbana, siendo rural el restante 6,2 %.

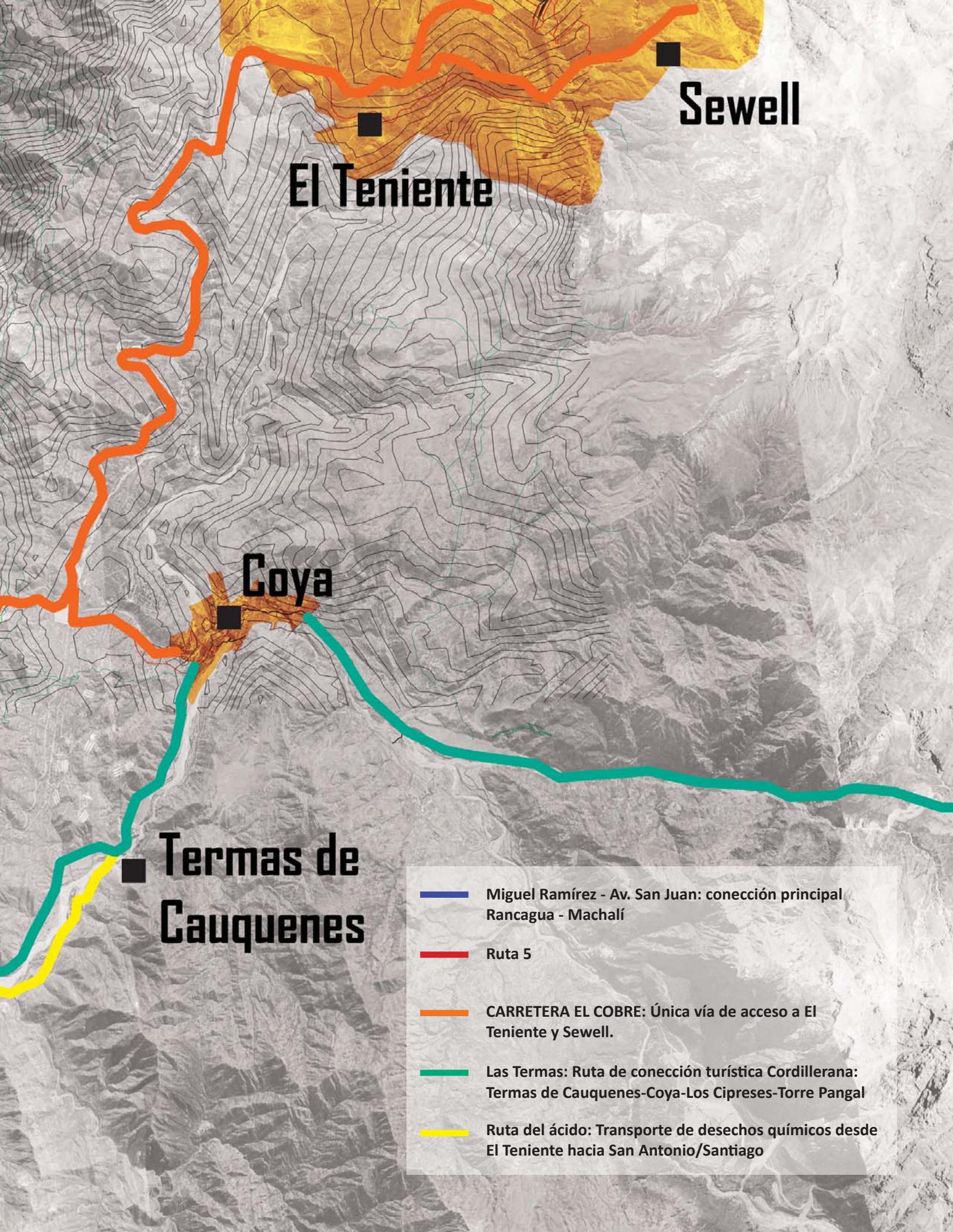
Este crecimiento demográfico se debe principalmente a una explosión inmobiliaria ocurrida durante la última década, otorgándole la denominación de “ciudad dormitorio de Rancagua” por la dependencia de equipamientos que la comuna posee con la capital regional.

De acuerdo al índice de calidad de vida urbana desarrollado por la cámara chilena de la construcción, **Machalí se encuentra en la primera posición a nivel regional y dentro de las 20 mejores ciudades para vivir del país.** Sin embargo, su posición cayó considerablemente en relación al 2014, año en que se encontraba dentro de las 10 mejores.

La baja, según estudios, se ha generado por el abrupto aumento residencial de la comuna-un 75% más de casas en relación al censo anterior- sin la adecuada planificación previa, permitiendo que el desarrollo inmobiliario avance más rápido que el plan regulador. Además del conflicto ético y legal que esto sugiere, la problemática vial dentro de Machalí, sobre todo en las rutas de conexión con Rancagua, están generando una baja en la calidad de vida comunal. Esto se traduce en **el traslado diario de más de 9000 vehículos desde y hacia Rancagua**, saturando las únicas dos vías de conexión en horario punta: Av. San Juan y Carretera El Cobre.

**ANÁLISIS URBANO**  
**VIALIDAD ESTRUCTURANTE MACROZONA MINERA**





**Sewell**

**El Teniente**

**Coya**

**Termas de  
Cauquenes**

-  Miguel Ramírez - Av. San Juan: conexión principal Rancagua - Machalí
-  Ruta 5
-  CARRETERA EL COBRE: Única vía de acceso a El Teniente y Sewell.
-  Las Termas: Ruta de conexión turística Cordillerana: Termas de Cauquenes-Coya-Los Cipreses-Torre Pangal
-  Ruta del ácido: Transporte de desechos químicos desde El Teniente hacia San Antonio/Santiago

## ANÁLISIS URBANO

### CONURBACIÓN RANCAGUA-MACHALÍ

Según la modificación del Plan Regulador Intercomunal de Rancagua, se expone la transformación propuesta para consolidar la conurbación Rancagua Machalí:



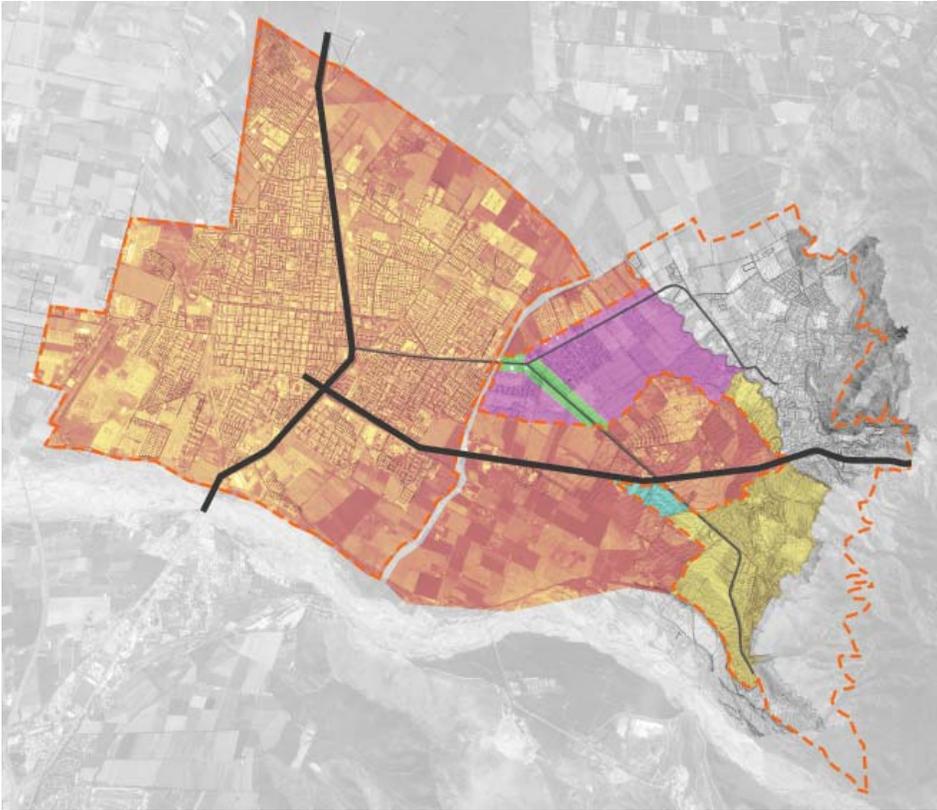
En la actualidad las zonas de Rancagua y Machalí están pasando por un proceso de conurbación debido al crecimiento residencial de Machalí y a la dependencia de infraestructura que ésta tiene con Rancagua.

Rancagua (destacado a la izquierda) posee una zonificación clara en cuanto a sus límites con Machalí (destacado a la derecha). Machalí, por otro lado, debido al crecimiento mencionado anteriormente, está definiendo en la marcha de qué manera abordar las zonas no declaradas dentro de su plan regulador, que hoy se expresan como un vacío entre ambas comunas.



La zona destacada al centro comprende todo el territorio no establecido dentro del plan regulador de Machalí, el cual en su mayor extensión está atravesado por la Carretera El Cobre.

A causa de la gran presión inmobiliaria en la comuna, se puede observar que dentro de esta zona de “encastre” ya se están desarrollando proyectos inmobiliarios residenciales que están condicionando la creación de zonas urbanas residenciales previas a la configuración del plan regulador.



Para realizar una integración adecuada de esta área se destacan las zonas adyacentes del plan regulador de Machalí:

**Magenta:**

Zona Residencial Consolidada ZU7

**Amarillo:**

Zona Residencial baja densidad ZU8

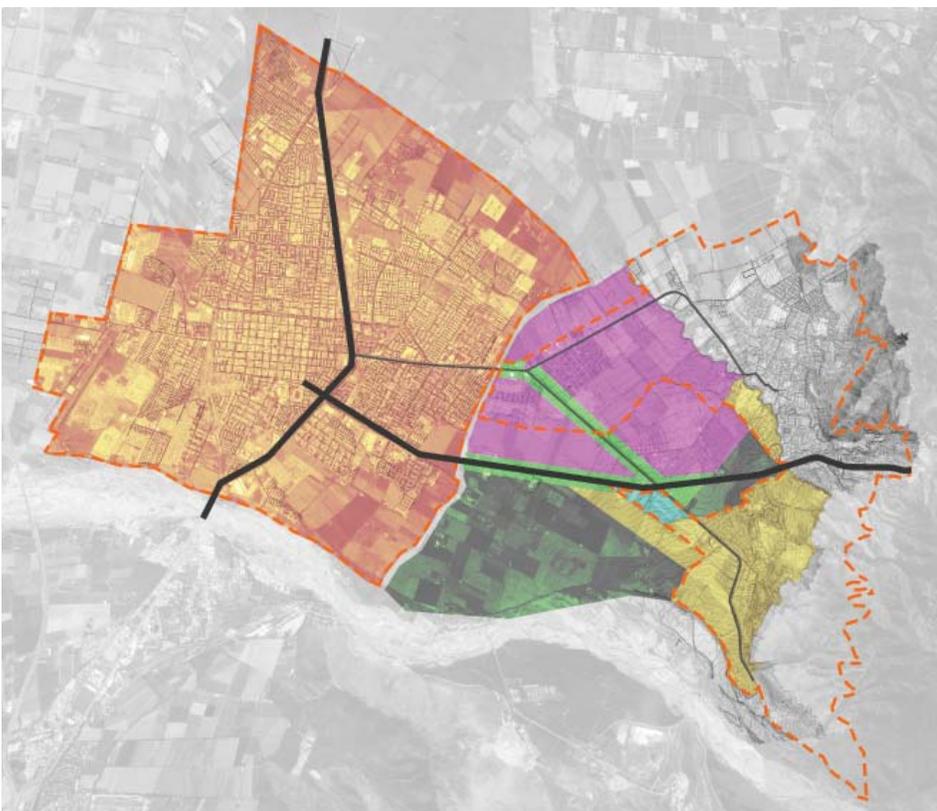
**Verde:**

Zona de Equipamiento ZE

**Celeste:**

Zona Mixta ZU9

La zona limítrofe de Rancagua está protegida por una faja de área verdes, lo que imposibilita una fusión de usos de suelo hacia Machalí.



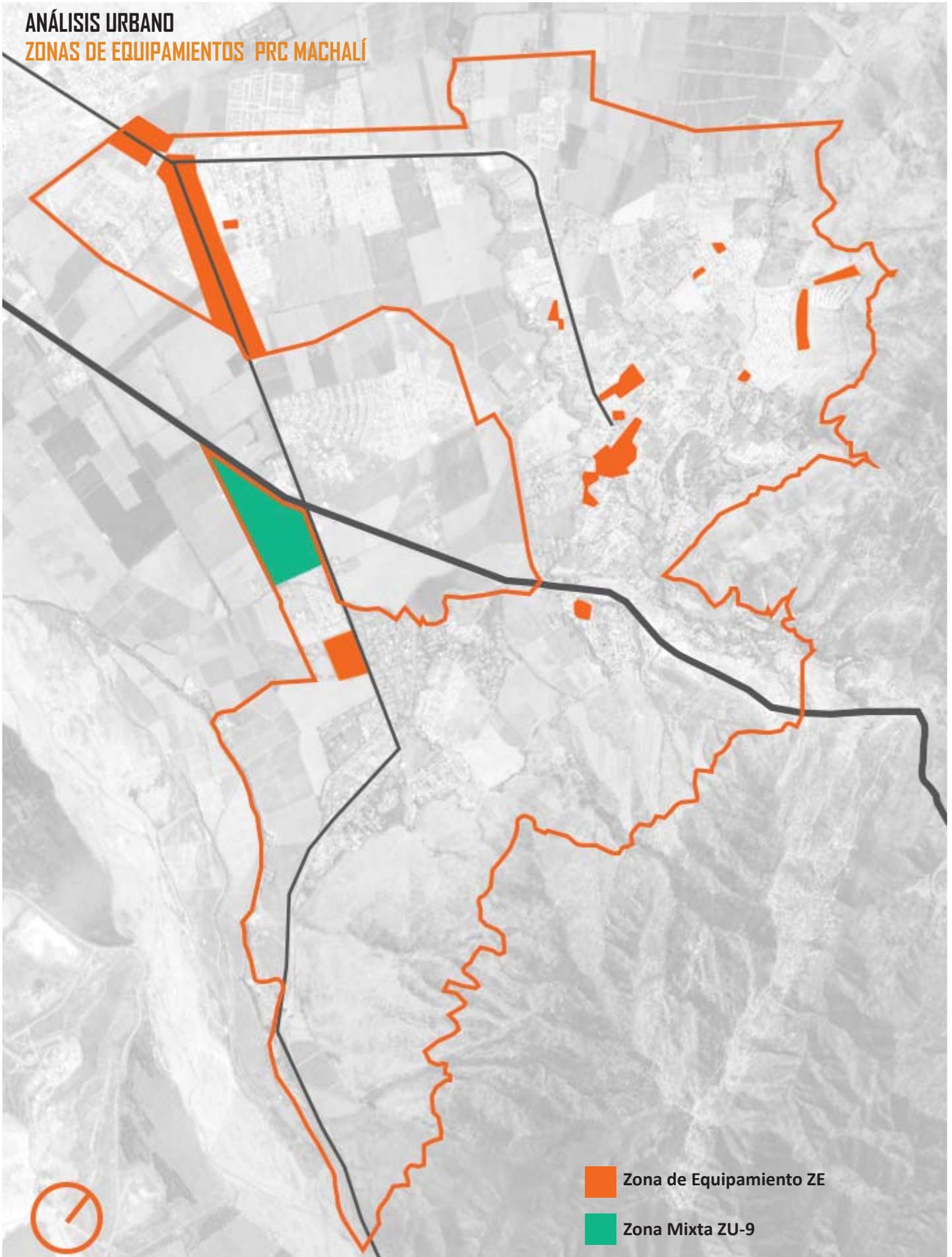
La propuesta actual del PRI Define las siguientes estrategias de zonificación:

En primer lugar, debido a la actual presencia de equipamientos en la carretera el cobre, se define un continuo a ambos costados de ZE. De la misma manera se traza un continuo de ZE desde la zona de Escrive Beleguer hasta la intersección con la carretera el cobre. Esto define una intersección de equipamientos en la zona mixta ZU9.

Al norte de la Carretera el cobre se extiende la zona ZU7 para dar cabida a los proyectos que ya están en ejecución.

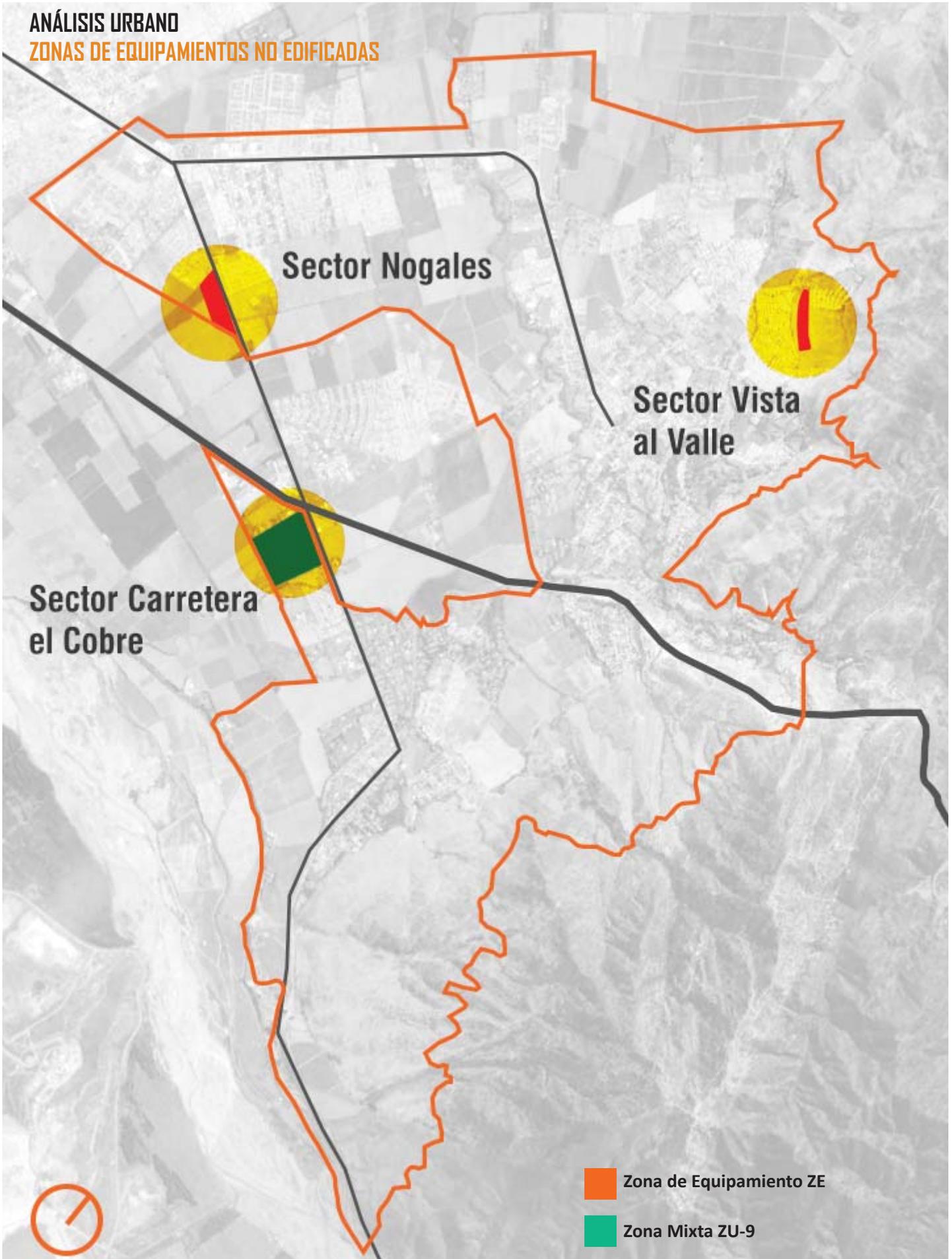
Hacia el sur y al extremo oriente de la carretera se definen dos zonas estrictamente agrícolas (verde oscuro), con el fin de resguardar la actividad económica de la comuna y preservar su condición de “comuna verde”. Por último, se define una extensión de ZU8 para completar la extensión residencial comunal.

**ANÁLISIS URBANO**  
**ZONAS DE EQUIPAMIENTOS PRC MACHALÍ**



-  Zona de Equipamiento ZE
-  Zona Mixta ZU-9

**ANÁLISIS URBANO**  
**ZONAS DE EQUIPAMIENTOS NO EDIFICADAS**



-  Zona de Equipamiento ZE
-  Zona Mixta ZU-9

# ANÁLISIS URBANO

## ELECCIÓN DE PREDIO

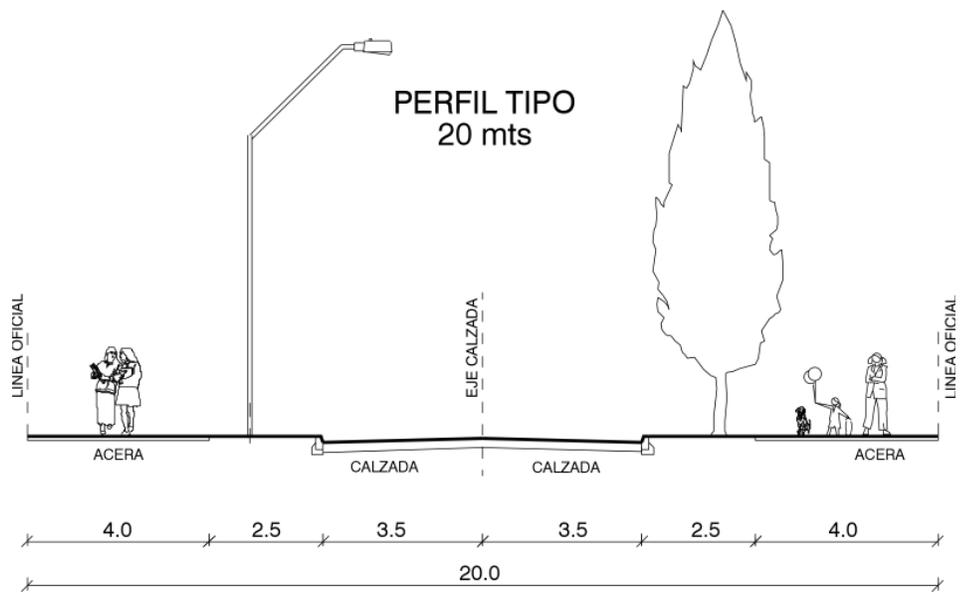
### Sector Nogales

El área disponible forma parte de la zona ZE-1. Su delimitación corresponde a dos fracciones de predios distintos. El área delimitada suma 85mil m2 aprox.

Si bien se encuentra en un eje destinado a equipamiento, la realidad refleja que se están realizando proyectos residenciales y que el resto de equipamientos en el eje están enfocados en suplir necesidades residenciales (supermercados, stripcenter) con excepción del Cementerio Parque Jardín Las Flores.

En cuanto a vialidad, la avenida Escriba de Balaguer posee dos calzadas, una para cada sentido con acera a ambos costados. Si bien el perfil tipo municipal muestra una configuración de 20mts de ancho total, la realidad muestra que el perfil es menor dependiendo del tramo.

El uso de suelo destinado a equipamiento científico permite una baja subdivisión predial con 15m de altura.



Usos Permitidos		Usos Prohibidos	Superficie predial Mínima(m <sup>2</sup> )	Densidad Bruta Máxima (Hab./Há.)	Coeficiente Máximo		Sistema de Agrupamiento	Altura Máx. De edificación (Mt)	Antejardín
Tipo	Clase				Ocup. De Suelo	Construc-tibilidad			
Residencial	Unifamiliar	Ninguno	300	150	0,6	1	A/P	15	5
	Colectiva	Ninguno	1000	250	0,5	1,5	A/P/C	12	-
	Hospedaje	Ninguno	1000	-	0,8	1,2	A/P/C	15	5
Equipamiento	Científico	Ninguno	300	-	0,8	1,2	A/P/C	15	5
	Comercio	Ninguno	300	-	0,8	1,2	A/P/C	15	5
	Culto y Cultura	Ninguno	500	-	0,8	1,2	A/P/C	15	5
	Deporte	Ninguno	800	-	0,8	1,2	A	15	5
	Educación	Centro de rehabilitación y conductual	800	-	0,8	1,2	A/P	15	5
	Esparcimiento	Ninguno	800	-	0,8	1,2	A/P	15	5
	Salud	Ninguno	800	-	0,8	1,2	A/P	15	5
	Seguridad	Cárceles, Centros de detención	300	-	0,8	1,2	A/P	15	5
	Servicios	Actividades Artesanales Molestas y/o Ruidosas	300	-	0,8	1,2	A/P	15	5
	Social	Ninguno	300	-	0,8	1,2	A/P	15	5
Actividades Productivas	Inofensivas	Actividad molesta y o peligrosa	300	-	0,8	1,2	A/P/C	15	5

### Sector Vista al Valle

El área disponible forma parte de la zona ZE-1. Su delimitación corresponde a un área de 40mil m<sup>2</sup> aprox. Sin subdivisión predial.

Su ubicación está estratégicamente pensada para equipamientos y servicios destinados a los condominios del sector vista al valle, por lo que se encuentra como remate de una zona residencial consolidada.

En cuanto a vialidad, actualmente solo hay calles proyectadas, lo que habla de una posible expansión urbana. Cabe destacar que el terreno está en una elevada pendiente del 8% aprox. correspondiente al cerro San Juan, el cual posee una demarcada área de peligro por remoción de masas y suelos aluviales.



### Sector Carretera El Cobre

El área disponible forma parte de la zona mixta ZU-9. Su delimitación predial corresponde a un área de 18mil m<sup>2</sup> aprox.

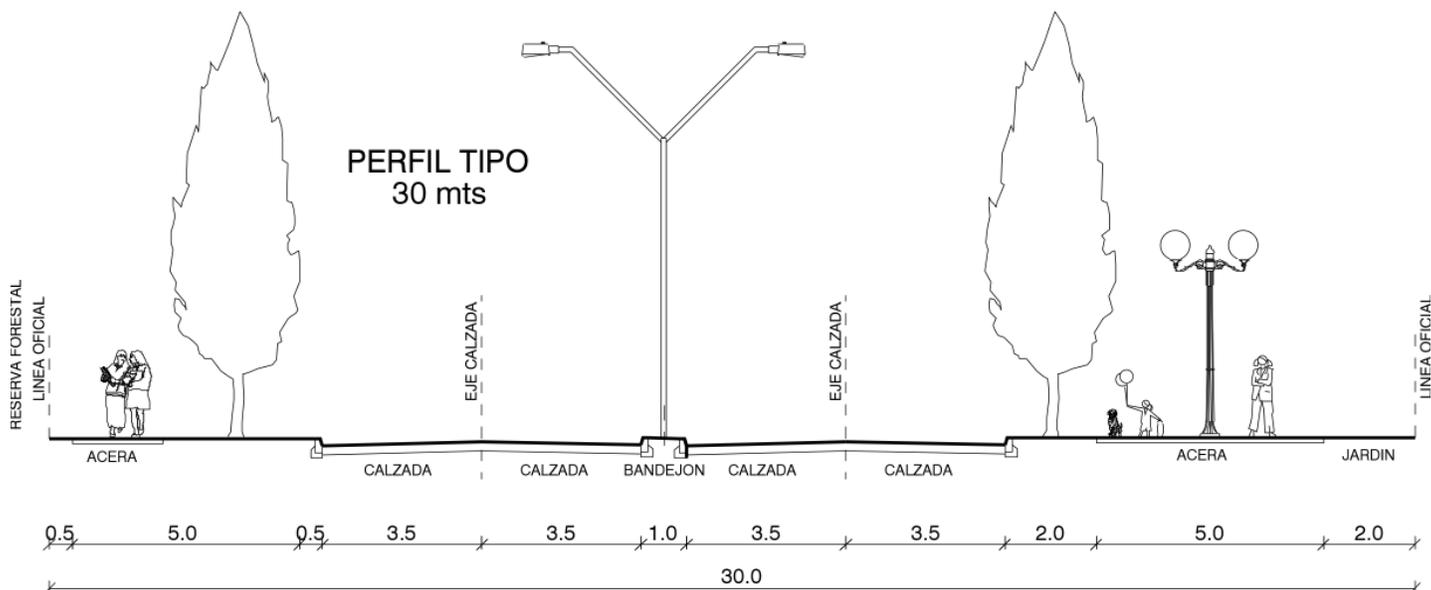
Su ubicación corresponde a la intersección de las zonas de equipamientos entre Carretera El Cobre y Escriba Balaguer proyectada por el PRI.

En cuanto a vialidad, la intersección posee una de las mejores infraestructuras de la comuna. Este sector de la Carretera cuenta con bandejon Central, doble calzada en ambos sentidos, retornos y semáforo. Por otra parte la ruta Las Termas (la continuación de Escriba Beleguer), posee un perfil acotado con sólo una calzada por sentido.

Actualmente en la esquina se encuentra una pequeña verdulería mientras el resto del predio se destina a siembra de alfalfa, al igual que los predios colindantes.

Cabe destacar que la Carretera el Cobre posee un perfil productivo debido al tránsito de camiones desde y hacia El Teniente y por la proyección de equipamientos que se extiende desde Rancagua. Camino Las Termas es una ruta Turística que llega a las Termas de Cauquenes, Torre Pangal y hacia el sur de la zona cordillerana de la región.

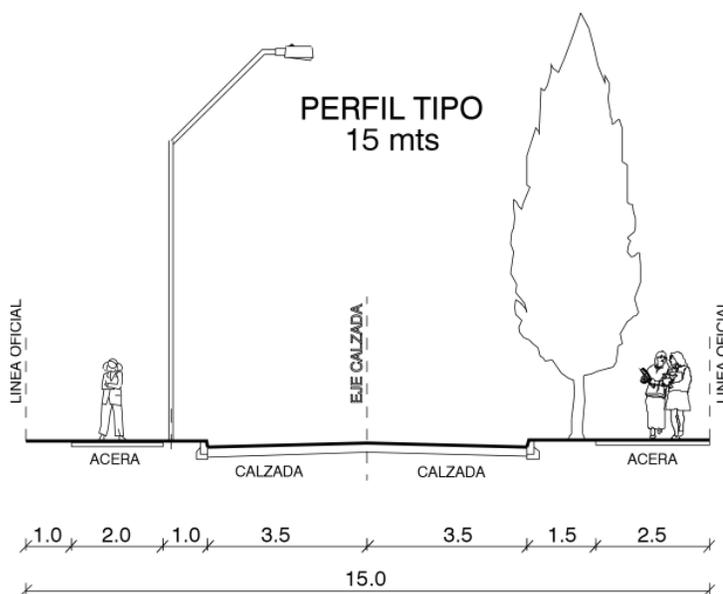




En cuanto a usos, **la zona posee el mayor potencial para desarrollar proyectos científicos en la comuna**, con una subdivisión predial mínima de 2000m<sup>2</sup>, 1 de coef. de ocupación de suelo y 2 de constructibilidad, limitado por una altura de 9 metros.

Esto se debe a que la zona mixta ZU-9 está desarrollada para potenciar las actividades productivas de servicios y comercio en la intersección mencionada anteriormente.

**Con estos antecedentes, se define la zona de la Carretera el Cobre como zona de emplazamiento debido a su factibilidad técnica, infraestructura vial, y posición privilegiada dentro del eje minero y turístico de la comuna.**

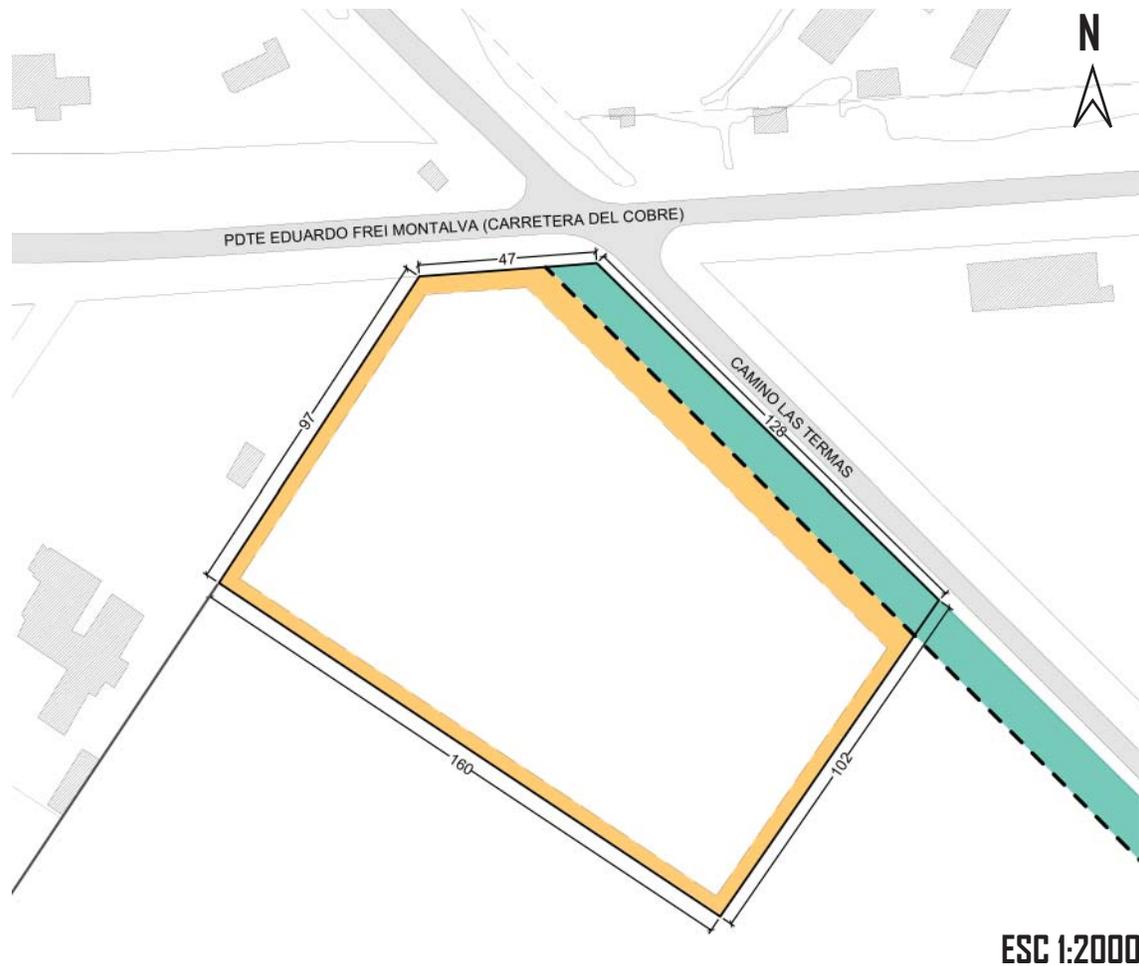


Usos Permitidos		Usos Prohibidos	Superficie predial Mínima(m <sup>2</sup> )	Densidad Bruta Máxima (Hab./Há.)	Coeficiente Máximo		Sistema de Agrupamiento	Altura Máx. De edificación (Mt)	Antejardín
Tipo	Clase				Ocup. De Suelo	Construc-tibilidad			
Residencial	Unifamiliar	Ninguno	800	40	0,6	0,7	A/P	7,5	5
	Colectiva	Ninguno	800	40	0,6	1,5	A/P	15	5
	Hospedaje	Ninguno	1000	-	0,8	1,5	A/P	15	5
Equipamiento	<b>Científico</b>	<b>Ninguno</b>	<b>2000</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>A/P</b>	<b>9</b>	<b>5</b>
	Comercio	Ninguno	2000	-	1	2	A/P	22	5
	Culto y Cultura	Ninguno	1000	-	0,8	0,8	A/P	9	5
	Deporte	Estadios	1000	-	0,8	0,6	A	9	5
	Esparcimiento	Ninguno	1000	-	0,4	0,8	A/P	9	5
	Seguridad	Cárceles, Centros de detención	1000	-	0,6	1,8	A/P	9	5
	Servicios	Actividades Artesanales Molestas y/o Ruidosas	1000	-	0,8	2	A/P	12	5
	Social	Ninguno	1000	-	0,6	1,5	A/P	9	5
Actividades Productivas	Inofensivas	Ninguno	1000	-	0,8	0,8	A/P	9	5
Infraestructura	Todos, excepto terminales de transporte		1250	-	0,18	0,4	A/P	10	5

# ANÁLISIS URBANO

## EMPLAZAMIENTO

El predio posee un área de 18350m<sup>2</sup> aprox. Hacia el límite con Camino Las Termas existe un ensanchamiento de la vía proyectado en PRC de 12m de ancho que si bien no figura afecto a expropiación en el C.I.P, el plano municipal lo delimita como ensanchamiento, por lo que se contemplará como afecto a expropiación tomando en cuenta la importancia que tiene ese eje en las propuestas urbanas de la comuna; De esta manera, se proyecta el nuevo límite predial 12 metros al interior. El antejardín en Camino Las Termas según PRC deberá ser de 7,5m y de 5m en el límite con Carretera el Cobre. Los distanciamientos se calculan según O.G.U.C. en 4m para edificaciones mayores a 7m de altura.

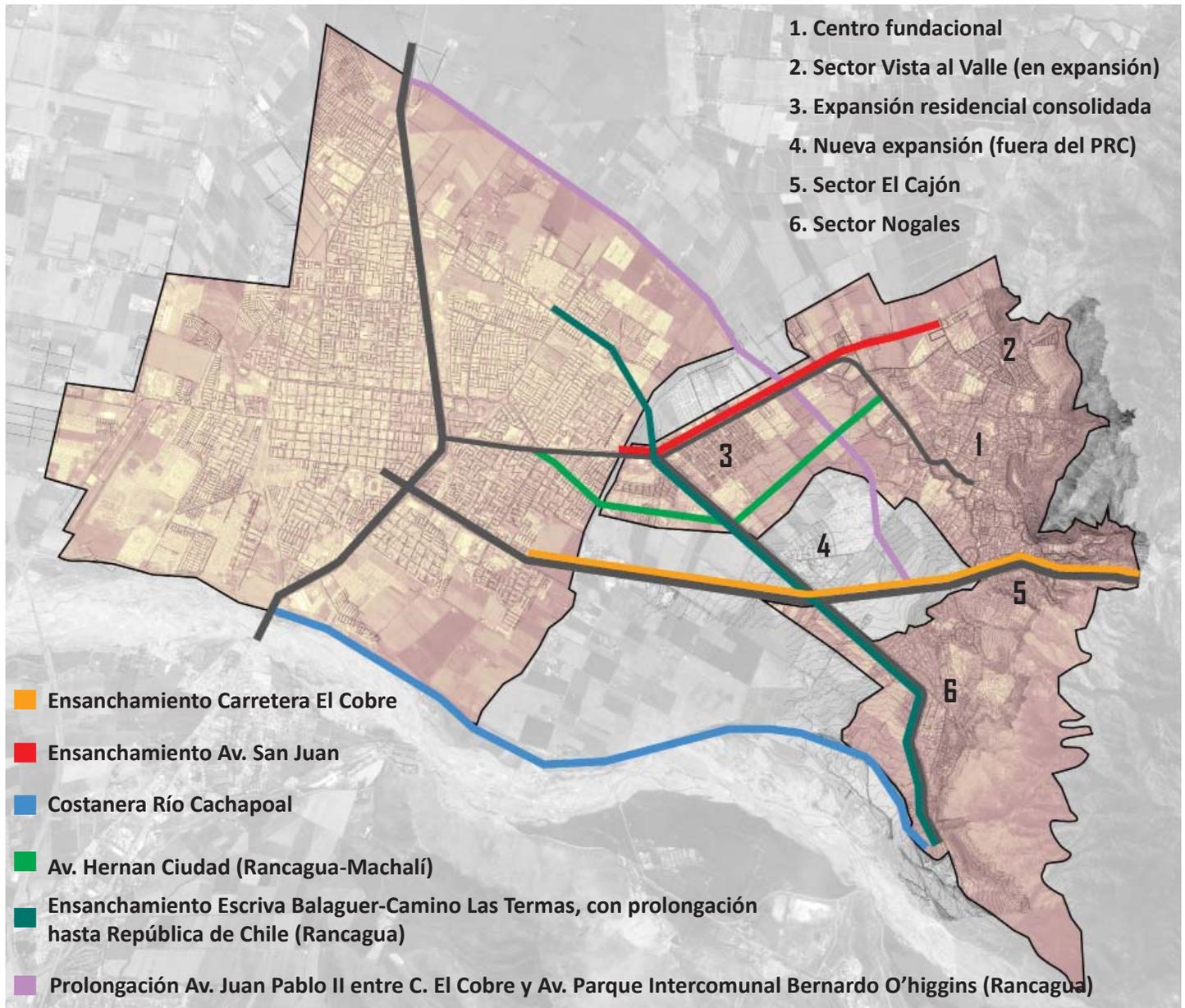


 Zona afecta a expropiación por ensanchamiento proyectado de Ruta Las Termas (12m ancho)

 Antejardín según PRC:  
7,5m desde línea de expropiación  
5m desde línea oficial con carretera el cobre  
Distanciamiento según O.G.U.C: 4m

## ANÁLISIS URBANO

### MITIGACIÓN DE CONGESTIÓN VEHICULAR



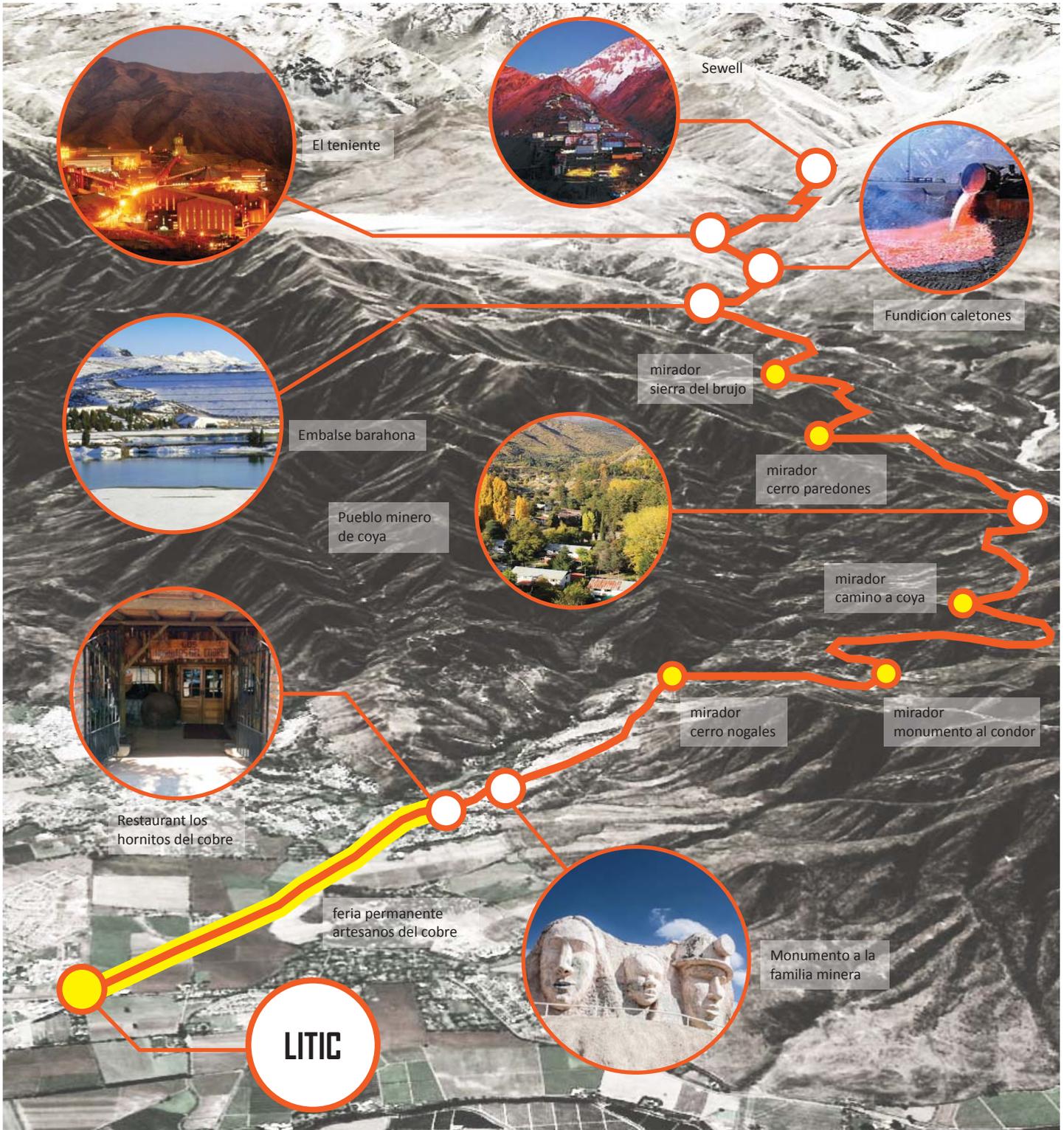
El plan actual de mitigación vial de Machalí está basado en potenciar las 3 vías de conexión principales entre Machalí y Rancagua. **La Carretera El Cobre** y **Av. San Juan** son las dos vías horizontales de transporte en la conurbación, por lo que ambas deben ser ensanchadas. Se propone que av. San Juan se prolongue por el perímetro noreste para abarcar las nuevas villas que se están proyectando hasta el sector de Vista al Valle. **Escriva Balaguer-Las Termas** es la única diagonal en la conurbación, y además de ser ensanchada se propone su prolongación hasta Rancagua, evitando la sobrecarga que posee actualmente Av. San Juan.

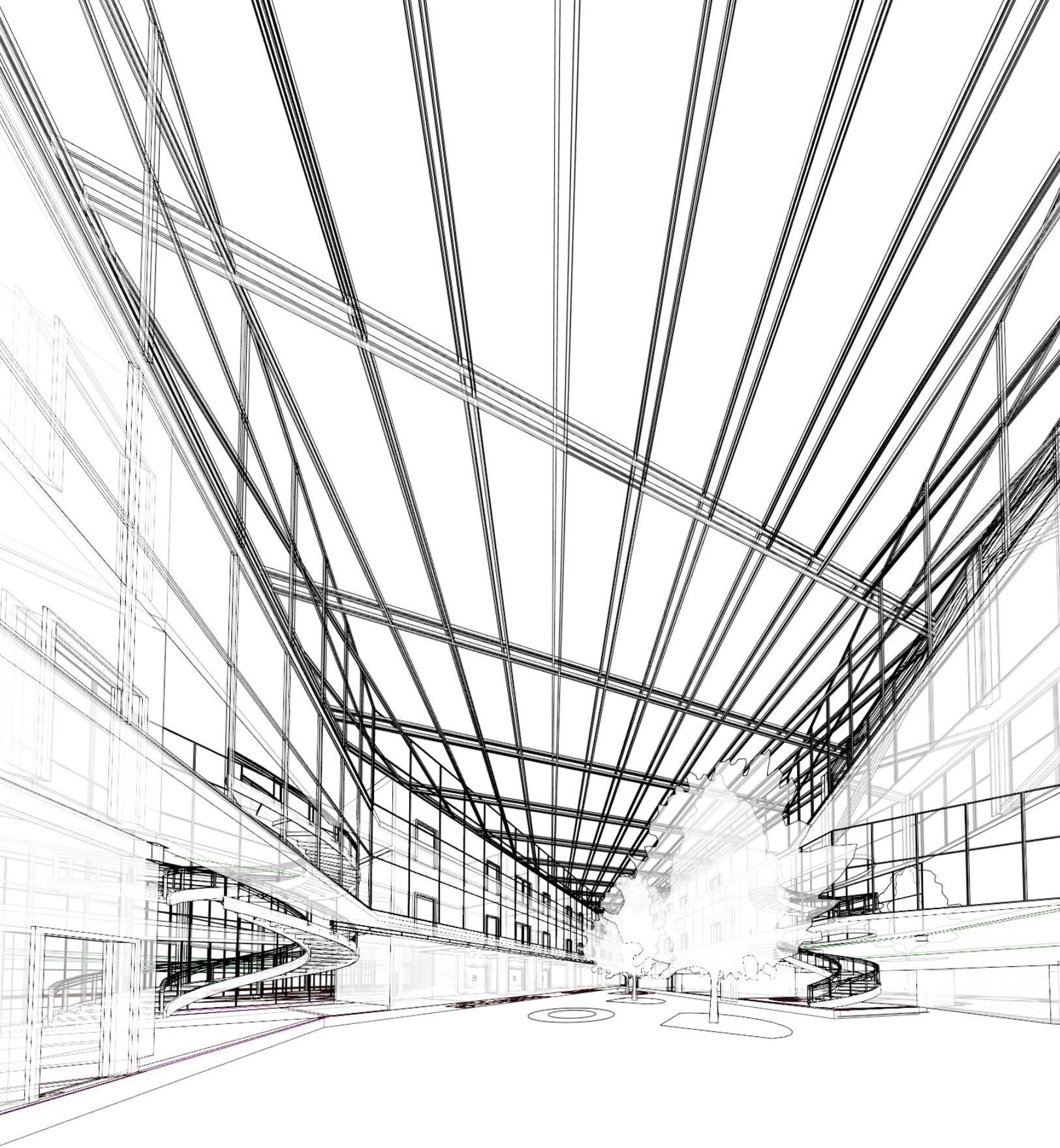
Como nuevas vías de mitigación se proponen dos trazados horizontales de soporte a las existentes. Uno es la conformación de una **vía Intercomunal en Av. Hernan Ciudad** que conecte el centro fundacional de Machalí directamente con Rancagua, evitando que el casco antiguo de la comuna tenga que utilizar los perímetros hoy en día altamente congestionados. La otra opción es el trazado de una **Costanera por el Río Cachapoal**, para descongestionar la C. El Cobre y trasladar productos Agrícolas-Frutícolas de la zona Agrícola proyectada en el PRI. Por último, para conectar la expansión residencial central de Machalí se propone una segunda vía diagonal en **Av. Juan Pablo II** para conectar con el perímetro de Rancagua hacia la ruta 5, disminuyendo la carga actual de la C. El Cobre para el traslado entre Machalí-Santiago..

# ANÁLISIS URBANO

## NUEVA RUTA CULTURAL DEL COBRE

La Carretera el Cobre posee una red programática con un alto potencial turístico que se refuerza con la propuesta de LITIC, al crear una red de hitos turísticos que se ve reforzada por una propuesta de feria permanente para los artesanos del cobre en la franja de equipamiento proyectada entre LITIC y el límite comunal. También se identifican los miradores principales del recorrido cordillerano hacia la mina como puntos fotográficos y de descanso dentro del tour, que culmina en una visita al teniente y Sewell.

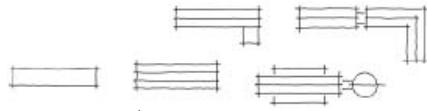




Diseño preliminar de proyecto, Atrio

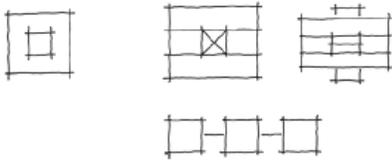
## DISEÑO

### CRITERIOS ESCENCIALES PARA EL DISEÑO DE LABORATORIOS



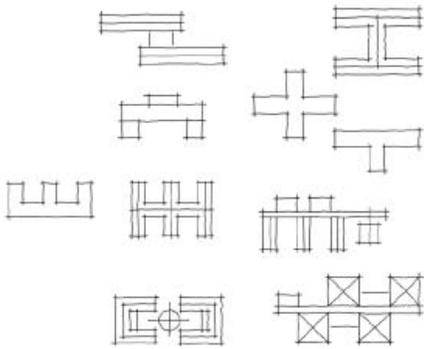
Esquemas, arriba

#### Configuración espacial lineal



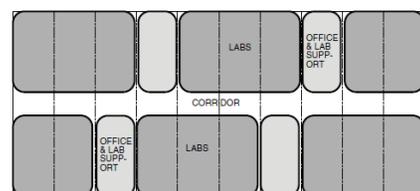
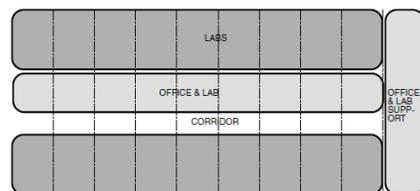
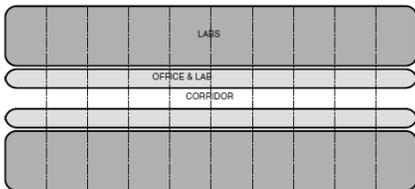
Esquemas, arriba

#### Configuración espacial central



Esquemas, arriba

#### Configuración espacial mixta



Esquemas, arriba

#### Ejemplos de distribución lab-oficina

Desde fines de los 90 y principios del nuevo milenio, la investigación científica ha ido mutando desde lo hermético a lo colectivo; principalmente debido a la presencia de internet y el constante desarrollo de los avances tecnológicos que permiten automatizar gran parte de la labor investigativa. Debido a esto, los laboratorios han pasado de ser edificios reservados similares a claustros, a complejos mucho más abiertos y dinámicos que poseen nuevas exigencias:

**La necesidad de crear edificios sociables, que permitan la interacción entre los distintos equipos de investigación.**

**La necesidad de acomodar de manera proporcional laboratorios abiertos vs cerrados según sea necesario.**

**La necesidad de diseñar laboratorios flexibles, que se acomoden a los cambios propios del avance científico y tecnológico.**

**Diseñar pensando en la tecnología y la sustentabilidad medioambiental.**

En cuanto a las condiciones arquitectónicas, se listan los requerimientos universales para edificios de investigación científica:

#### TIPOLOGÍAS

Las tipologías espaciales son 3: lineal, central y mixta. La elección dependerá del emplazamiento, la escala del proyecto, la distribución de instalaciones, los requerimientos lumínicos de cada unidad de laboratorio y la importancia que se le da al atrio.

#### DISTRIBUCIÓN

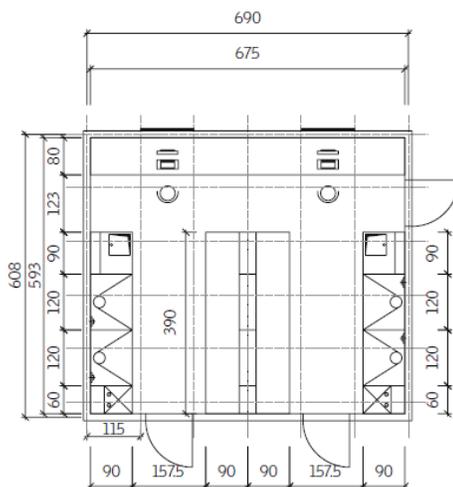
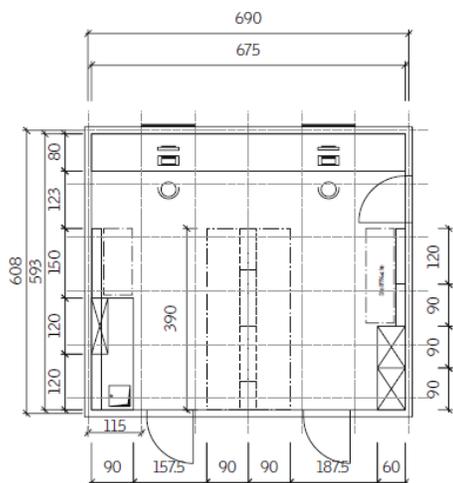
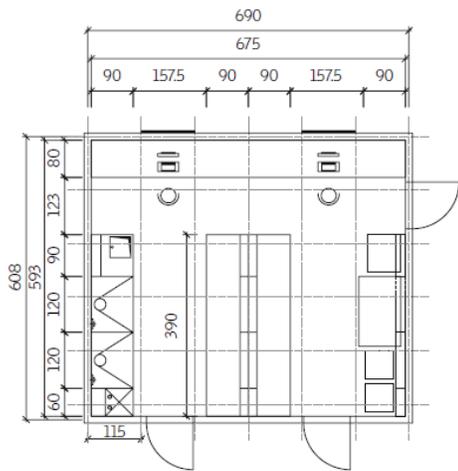
La relación entre oficinas y celdas de laboratorios es un tema primordial en la planificación de laboratorios. Dependiendo de los costos, se puede optar por edificios separados, sin embargo, lo común es albergar en la misma planta ambos programas tomando en cuenta las restricciones de seguridad pertinentes; las circulaciones podrán ser simples, dobles o cruzadas acorde a la distribución de los recintos y la disposición de los shaft de servicios.

#### ESPACIOS DE INTERACCIÓN

Debido a que en un mismo edificio pueden confluír diversas áreas de trabajo organizadas en aún más equipos de investigación diferentes, se hace necesario en los laboratorios actuales los espacios para sociabilizar tanto dentro como fuera del ambiente de trabajo. Corredores amplios y escaleras iluminadas propician los encuentros casuales, salas de descanso y pequeños "coffee breaks" ayudan a la distensión entre jornadas, y amplios atrios y salones comunes son fundamentales para que nuevas ideas y proyectos se generen a través de la discusión entre colegas de diversas áreas.

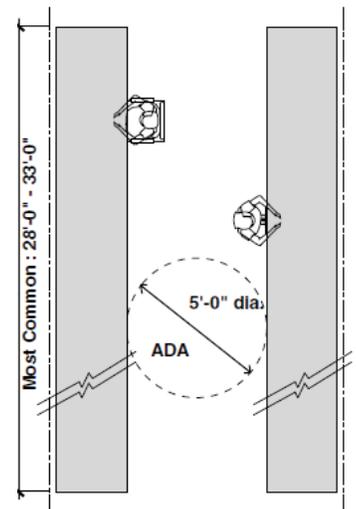
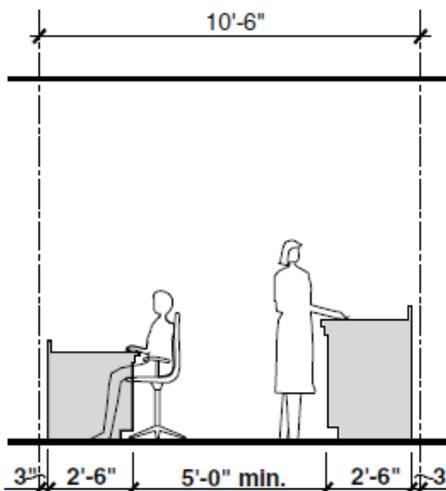
#### ACONDICIONAMIENTO

En términos generales, se requieren alturas de entre 3.8 y 4.2m entre ejes de losa con aprox. 1m de cielo falso, dependiendo de la actividad de cada celda, se diferenciarán por zonas iluminadas, intermedias y oscuras de ser necesario. Para esto la envolvente cumple un rol fundamental en el control solar para mantener una iluminación de 750-1100lux con el menor gasto eléctrico posible. Se recomienda el uso de hormigón como regulador de temperatura y estructura. La renovación de aire en los espacios de investigación será entre 8 a 10 HAC y la aislación acústica en muros, tabiques y cielos dependerá de la actividad de cada celda y de su relación con espacios de oficinas y descanso.

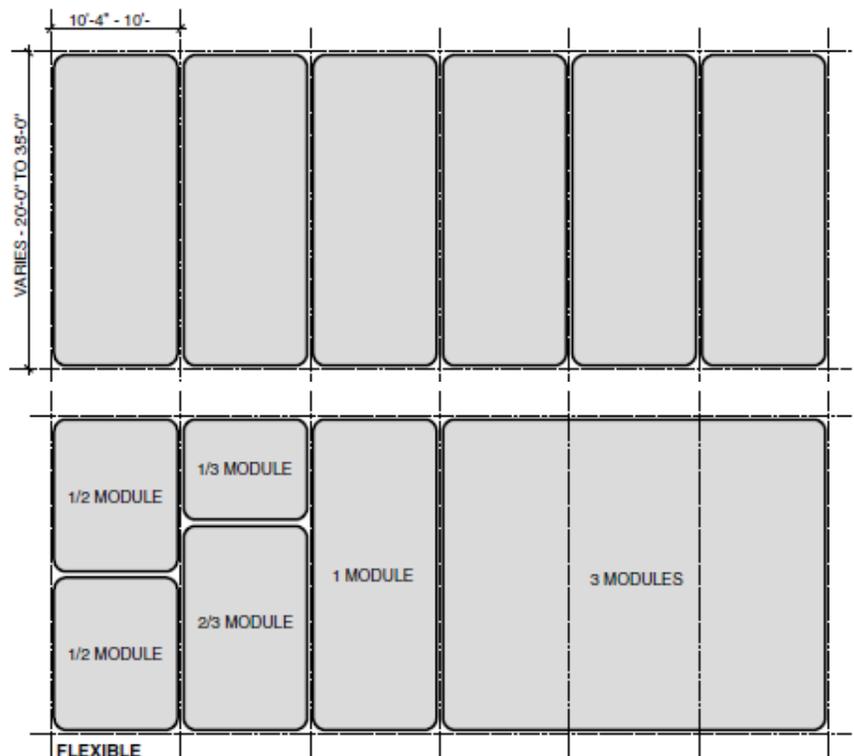


### ESPACIO DE TRABAJO

El diseño de la unidad de investigación requiere en primer lugar, de un trazado previo a su dimensionamiento el cuál se encuentra estandarizado entre 1.05 y 1.3m En la normativa Estadounidense se emplea una grilla de 1.15 (convertido desde pies y pulgadas), mientras que en la normativa Europea se emplea una grilla de 1.2m. Lo común, es ver celdas moduladas en 5x6, 5x7 y 6x7, puero se puede dar el caso de celdas cuadradas también. Dicha modulación está restringida a dos factores inamovibles: la dimensión del mobiliario, el cuál posee estándares internacionales, y la movilidad interior, integrando los radios de giros de una silla de ruedas.



Debido a la necesidad de flexibilidad en el espacio de investigación, las celdas deben poseer la capacidad de dividirse interiormente para adecuarse a nuevas necesidades o albergar otro tipo de investigaciones. Se recomienda trazar un sistema de division en base a tabiques móviles que se adecuen a la grilla seleccionada, creando subunidades en una misma celda.



Planimetrías, arriba  
Ejemplos de celdas de laboratorios 5x6 en base a grilla europea de 1.2m

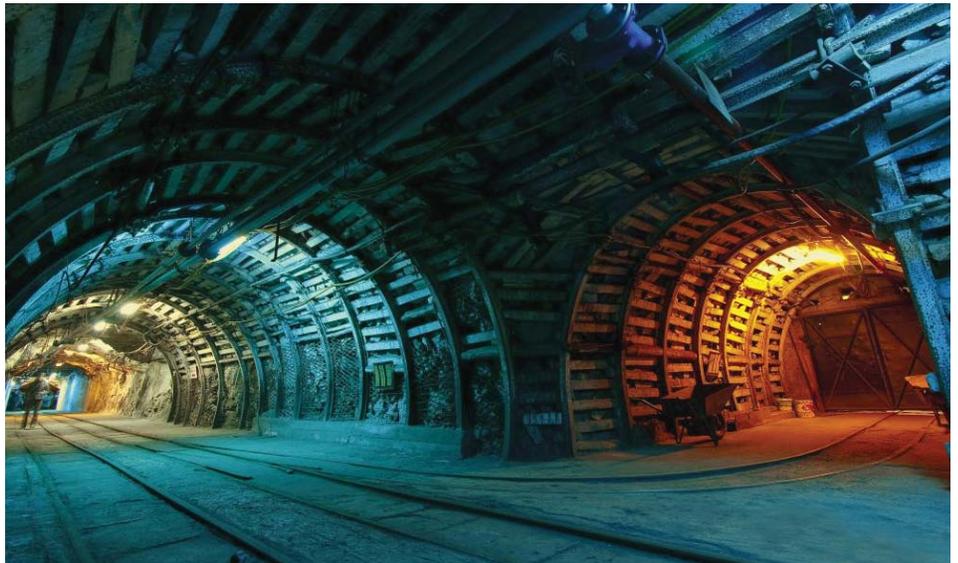
## DISEÑO CONCEPTO

El concepto arquitectónico está influenciado en las 3 etapas tectónicas de la minería, las que han sido asociadas a 3 etapas evolutivas del proceso de diseño:

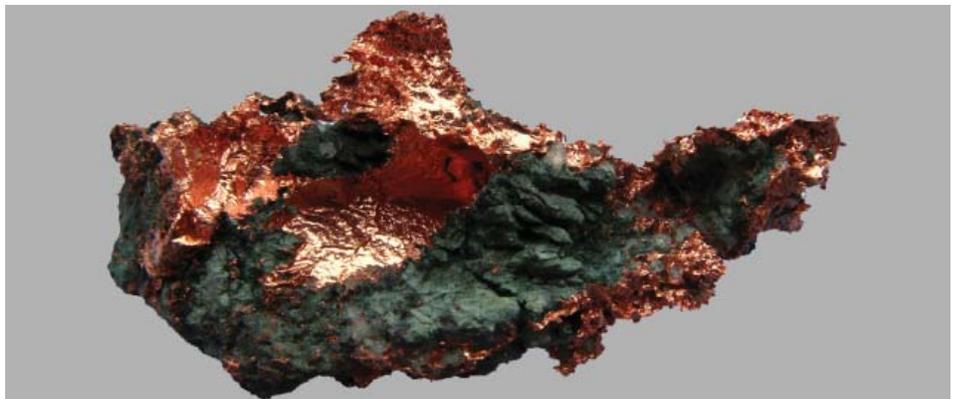
**La fractura/El trazado**, representa el brote inicial del mineral, el descubrimiento de un nuevo yacimiento que marca el punto de partida de la labor minera.



**La excavación de túneles/La relación espacial**: marca el proceso de la faena minera, la constante búsqueda a través de la roca crea conexiones al añadir brazos y niveles en el lleno.



**El mineral extraído/La expresión**: la geometría, los colores y la textura del producto final como un emblema de la industria y sus trabajadores.



## DISEÑO PARTIDO GENERAL

Debido a que la distribución de usos combina 3 programas que están confluyendo en el mismo proyecto, el edificio basa su organización espacial en un *HUB* (traducido literalmente del inglés como nodo). El HUB es altamente empleado en la informática como un punto de conexión común para distintos dispositivos en la red.

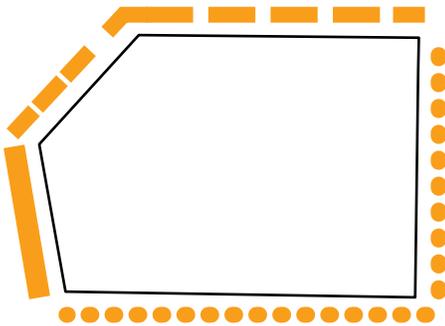
Bajo esta definición, LITIC está diseñado como un edificio en el que confluyen programas culturales, mineros y de I+D en cobre, diferenciando las necesidades de cada uno pero a la vez, agrupándolos en un mismo ecosistema de innovación, desarrollo e investigación tecnológica.

Este planteamiento requiere de dos operatorias esenciales:

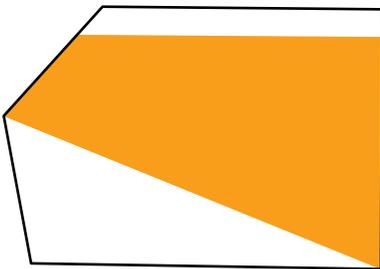
1. La diferenciación del programa en base a requerimientos espaciales, de acondicionamiento y seguridad.
2. La conformación de un espacio de conexión HUB, que relaciones todas las actividades del proyecto (*sancta sanctorum*).

## DISEÑO ESTRATEGIAS DE DISEÑO

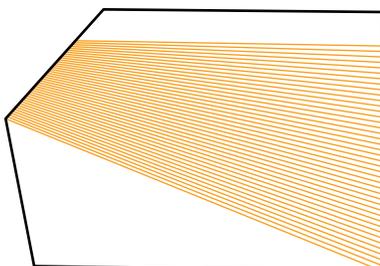
### CRITERIOS DE EMPLAZAMIENTO



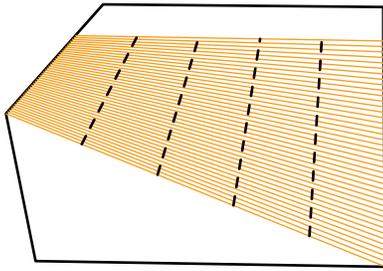
**1. Reconocimiento de los límites:** El terreno posee 3 tipos de límites según su cerramiento. La línea completa corresponde a la división con un predio edificado. La línea segmentada al límite con la calle y la línea punteada a límites aún inciertos, debido a que no existe una subdivisión definitiva en el sector (podría ser tanto una calle como otro predio).



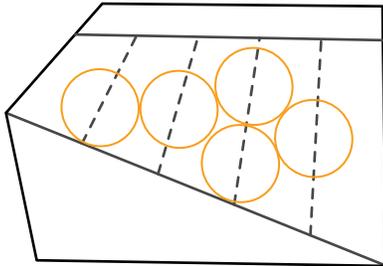
**2. Área de intervención:** Con el fin de mantener un área de resguardo con predios edificados, se define el área de intervención en el polígono formado por los límites que dan hacia la calle y uno de los límites inciertos, considerándolo un posible límite abierto tomando en cuenta la geometría y la posición del terreno.



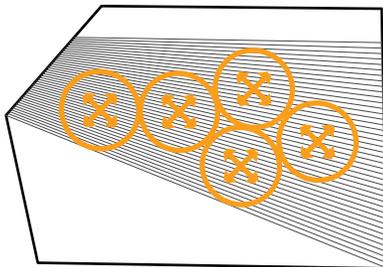
**3. Trazado base:** La proyección entre el límite con la Carretera el Cobre como eje emblemático y el límite opuesto marcan el sentido lógico del proyecto, el cual aprovecha la mayor extensión del eje Las Termas.



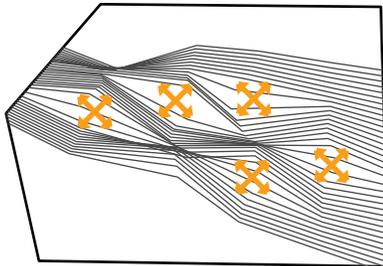
**4. Partición del trazado:** Según la literatura especializada, por términos de eficiencia y seguridad, las zonas importantes de un laboratorio no pueden estar a más de 25m de distancia entre dos de ellas. De esta manera, el trazado se divide en tramos transversales cada 25m para conformar una grilla de trabajo.



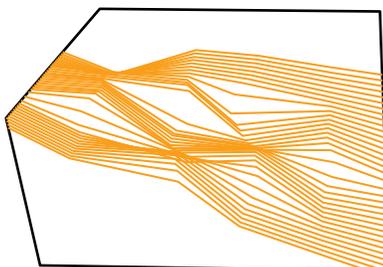
**5. Áreas de influencia:** Para definir la cantidad máxima de espacios centrales HUB, dentro del trazado se emplea un algoritmo de *circle packing* con 25m de diámetro. De esta manera, se ordenan automáticamente la cantidad y posición más eficiente de los posibles espacios centrales del proyecto en torno a las circunferencias.



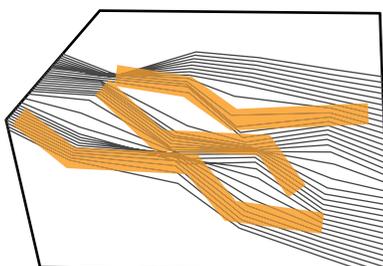
**6. Centroides repulsivos:** Como estrategia geométrica, cada uno de los centroides funcionarán como un punto repulsor en un software de diseño paramétrico, con el fin de fracturar el trazado.



**7. FRACTURA DEL TRAZADO:** la fractura controlada logra definir dos situaciones espaciales relevantes; Un trazado con llenos y vacíos.

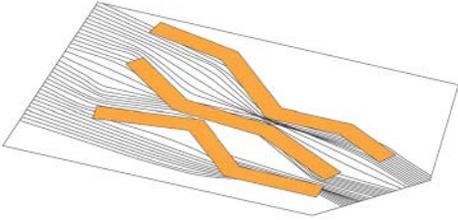


**8. Vacíos como articuladores HUB:** Pensando que tanto uno como varios de estos vacíos son potenciales espacios articuladores de programa.

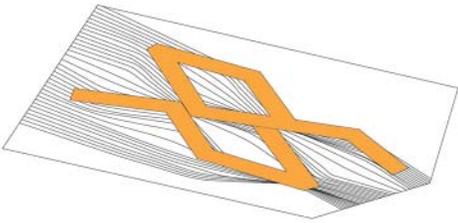


**9. Fracturas como llenos:** Los intersticios dejados por el vacío conforman el lleno donde se emplazará el programa de cultura e investigación.

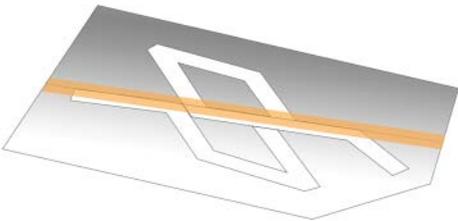
## VOLUMETRÍA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL



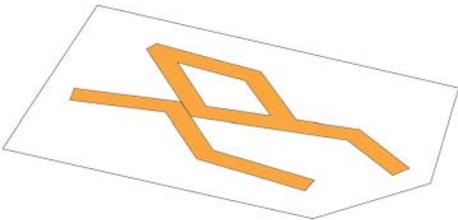
Se definen las franjas programáticas en base al trazado. Se considera una distancia de crujía acorde a las dimensiones de una unidad de laboratorios de 6 x 7.2m (grilla de 5x6)



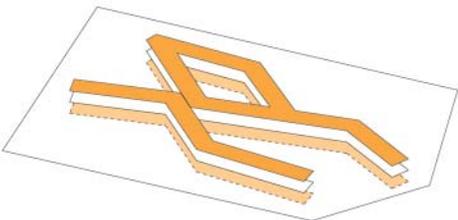
Se racionaliza y cierran los encuentros para generar espacios articuladores, diferenciar zonas programáticas y brindar mayor control tanto al interior como en el exterior del laboratorio.



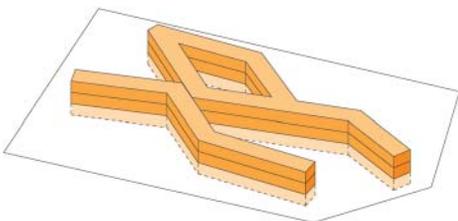
El proyecto define el sentido de público/privado en base a un eje central delimitado por la unión de dos brazos del edificio. El sector que da a la calle se define público, y por ende, se entiende como el sector seguro del proyecto, dejando la zona privada de investigación atrás.



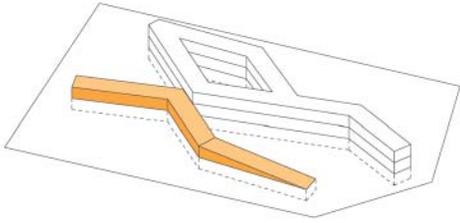
Debido a que el programa del sector público es menor, y para dejar mayor apertura, ventilación y luz hacia la zona de investigación, se remueve un brazo el proyecto.



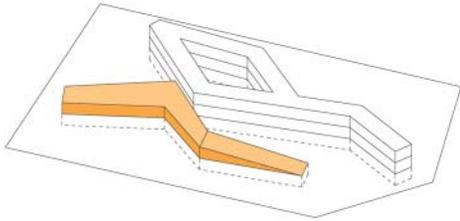
Para albergar el total de m<sup>2</sup>, el proyecto se constituye en 3 niveles. Por limitaciones de altura, se diseña un nivel inferior y otro superior para completar el máximo permitido.



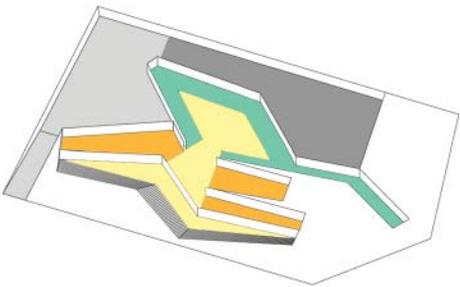
Se define la volumetría bruta del proyecto.



Se elimina un nivel del programa público, permitiendo iluminar parte de la zona privada. Para darle continuidad a la esquina se diseña el remate de la cubierta del programa público como rampa hacia una terraza (cubierta caminable).

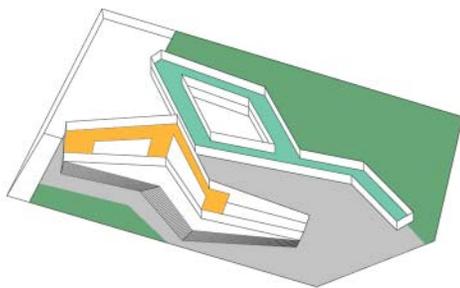


Se ajusta la morfología de la planta pública debido a que la crujía de los brazos se definió en base los requerimientos para laboratorios, lo que imposibilita el correcto funcionamiento del programa cultural. Debido a que se encuentra mirando al frente mas extenso del proyecto, se define en este sector del volúmen el acceso principal, despejando la esquina como explanada pública.

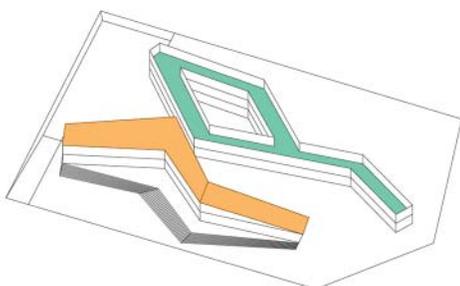


**Nivel -1:** Funciona como planta noble del proyecto. Al centro alberga el hall de acceso, al cual se accede descendiendo por una escalera que nace del trazado inicial.

Contiguo al hall, el atrio se configura como el espacio principal de intercambio y encuentro entre investigadores. La zona privada en este nivel corresponde a servicios y espacios comunes. La zona pública posee la mayor parte del programa cultural, entre biblioteca, talleres, auditorio entre otros. Al exterior se diseña el espacio necesario para el ingreso de vehículos, patio de maniobras y estacionamientos.



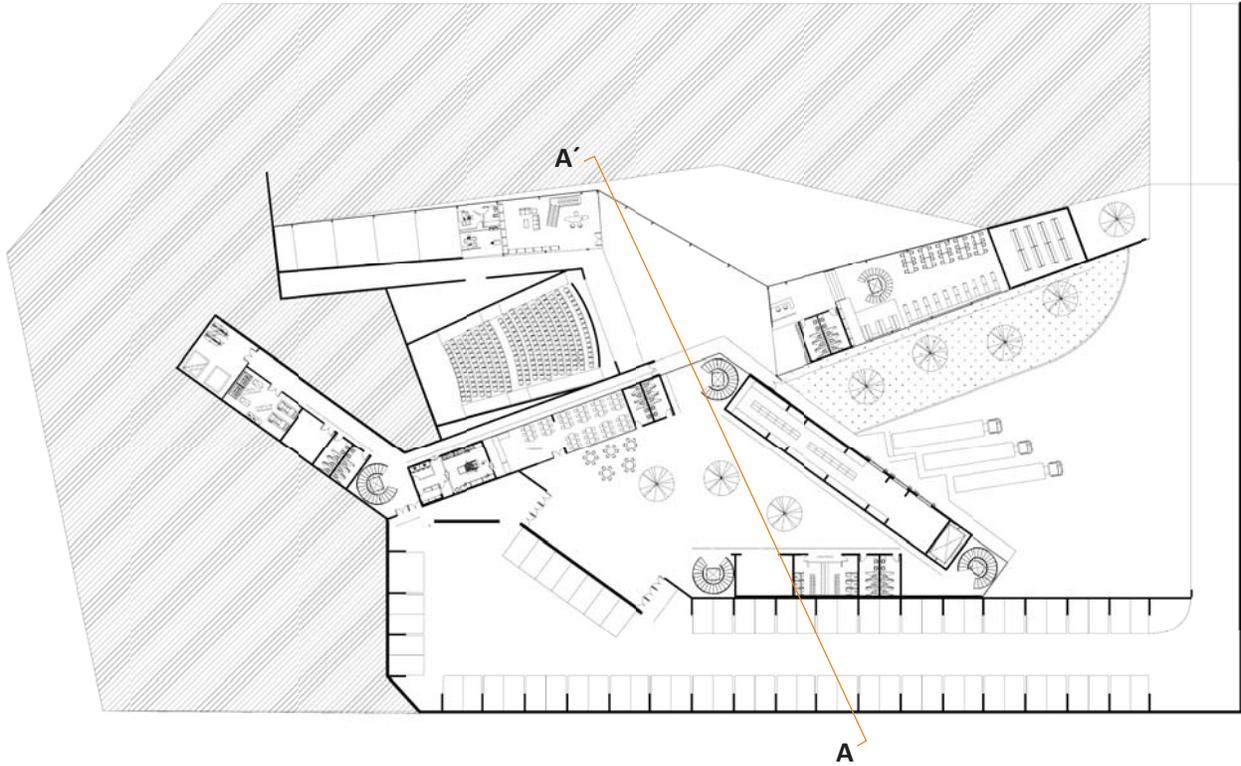
**Nivel 1:** En la zona privada se conforma el primer anillo de investigación, dedicado al área de laboratorios I+D. El brazo restante alberga soporte y oficinas. El sector público conforma únicamente altillos y pasarelas, privilegiando las dobles alturas en hall de acceso y biblioteca. El exterior se conforma como una plaza pública, disponible para actividades al aire libre, y de un patio privado para la distensión de investigadores y funcionarios.



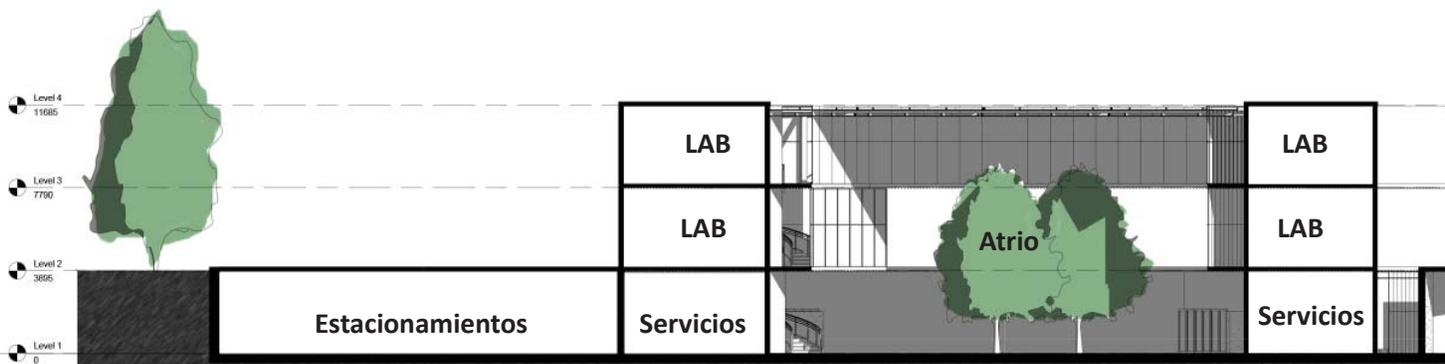
**Nivel 2:** En este nivel la zona privada funciona igual al nivel 1; Esta vez con los laboratorios de procesos para la minería y un ala de oficinas de administración y salas de reuniones. La cubierta de la zona pública funciona como terraza de uso libre.

**DISEÑO**  
**PLANIMETRÍA PRELIMINAR**

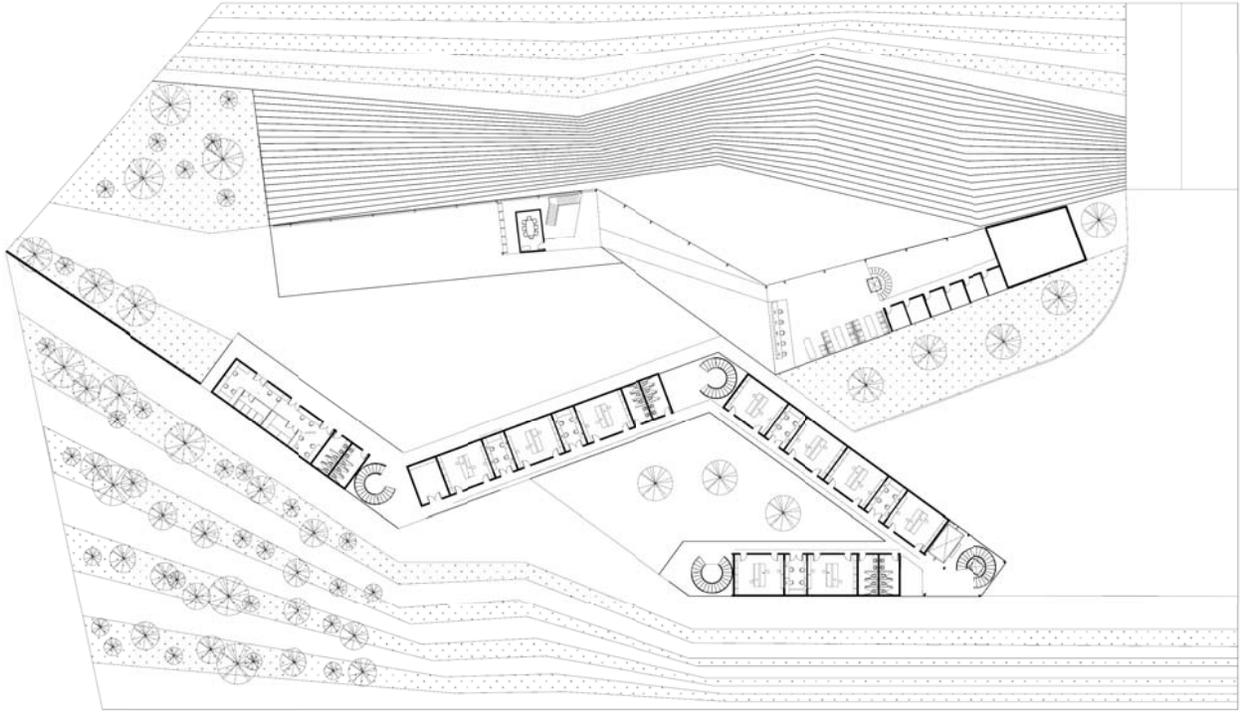
**PLANTA NIVEL -1 (-4.00m)**



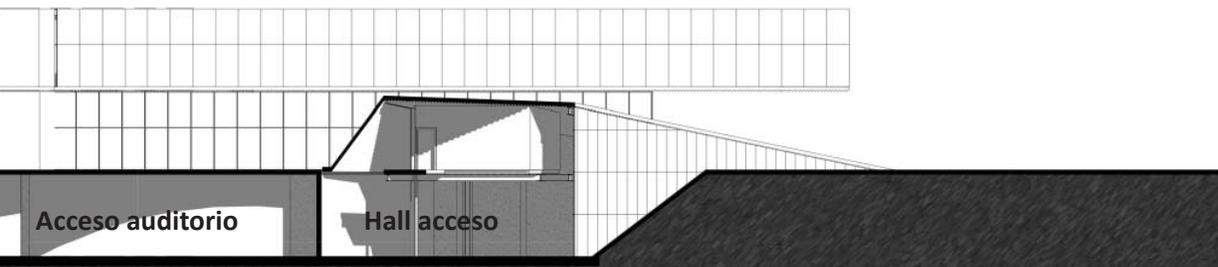
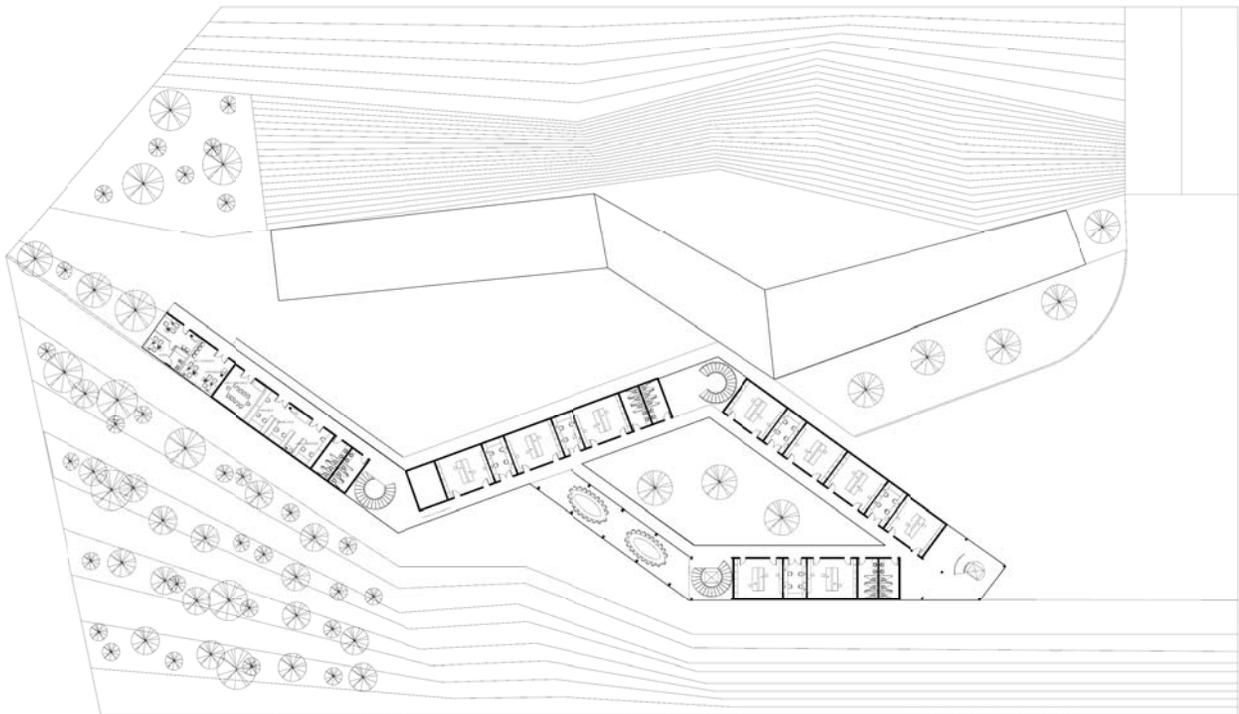
**CORTE ESQUEMÁTICO A-A' (-4.00m)**



**PLANTA NIVEL 1 (+0.00m)**



**PLANTA NIVEL 2 (+4.00m)**



## DISEÑO ARQUITECTURA E IMÁGEN

La propuesta expresiva contempla 2 directrices que son cruciales en el conjunto del proyecto:

**-Posicionar al cobre como símbolo de progreso e identidad local.**

**-Expresar la idea de innovación y desarrollo tecnológico.**

De esta manera, se entiende el proyecto de laboratorio bajo el concepto de **Arquitectura e Imágen**.

Para ello, el diseño de la fachada contempla una segunda piel de cobre, con todas las ventajas técnicas (Corte, perforado y plegado) y ornamentales (tonalidad variable) que ofrece el material.



Imágen, arriba  
**Schloss Grafenegg Concert Hall, Käß Hauschildt Architects, Viena**



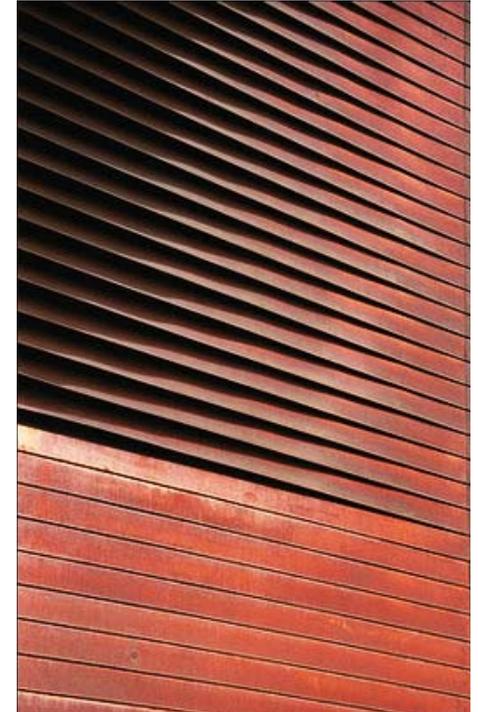
Imágen, arriba  
**M.H. de Young Museum, Herzog y De Meuron, San Francisco**



Imágen, arriba  
**Rapperswil-Jona municipal museum, mlzd, Suiza**



Imágen, arriba  
**Washington Art Museum Development, Coates Design Architects, Washington**



Imágen, arriba  
**Signal Box, Herzog y De Meuron, Basel**



Imágen, arriba  
**Edificio "Globe of Science and Innovation", centro de visitantes del Laboratorio CERN, Geneva**



Imágen, arriba  
**The John Curtin School of Medical Research, Lyons Architects, Canberra.**



Imágen, arriba  
**Laboratorio Synthon, GH+A, Santiago**



## TÉCNICA

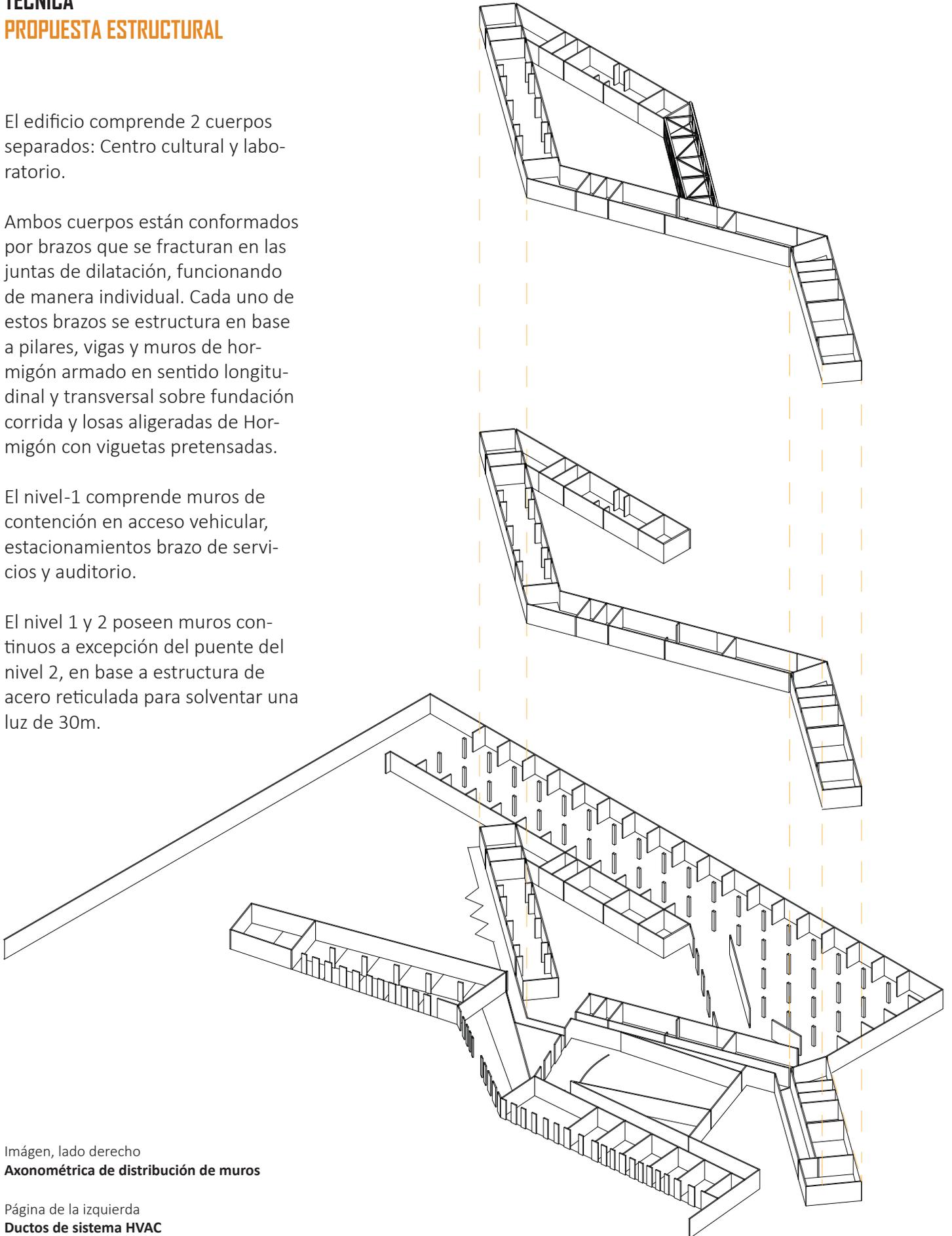
### PROPUESTA ESTRUCTURAL

El edificio comprende 2 cuerpos separados: Centro cultural y laboratorio.

Ambos cuerpos están conformados por brazos que se fracturan en las juntas de dilatación, funcionando de manera individual. Cada uno de estos brazos se estructura en base a pilares, vigas y muros de hormigón armado en sentido longitudinal y transversal sobre fundación corrida y losas aligeradas de Hormigón con viguetas pretensadas.

El nivel-1 comprende muros de contención en acceso vehicular, estacionamientos brazo de servicios y auditorio.

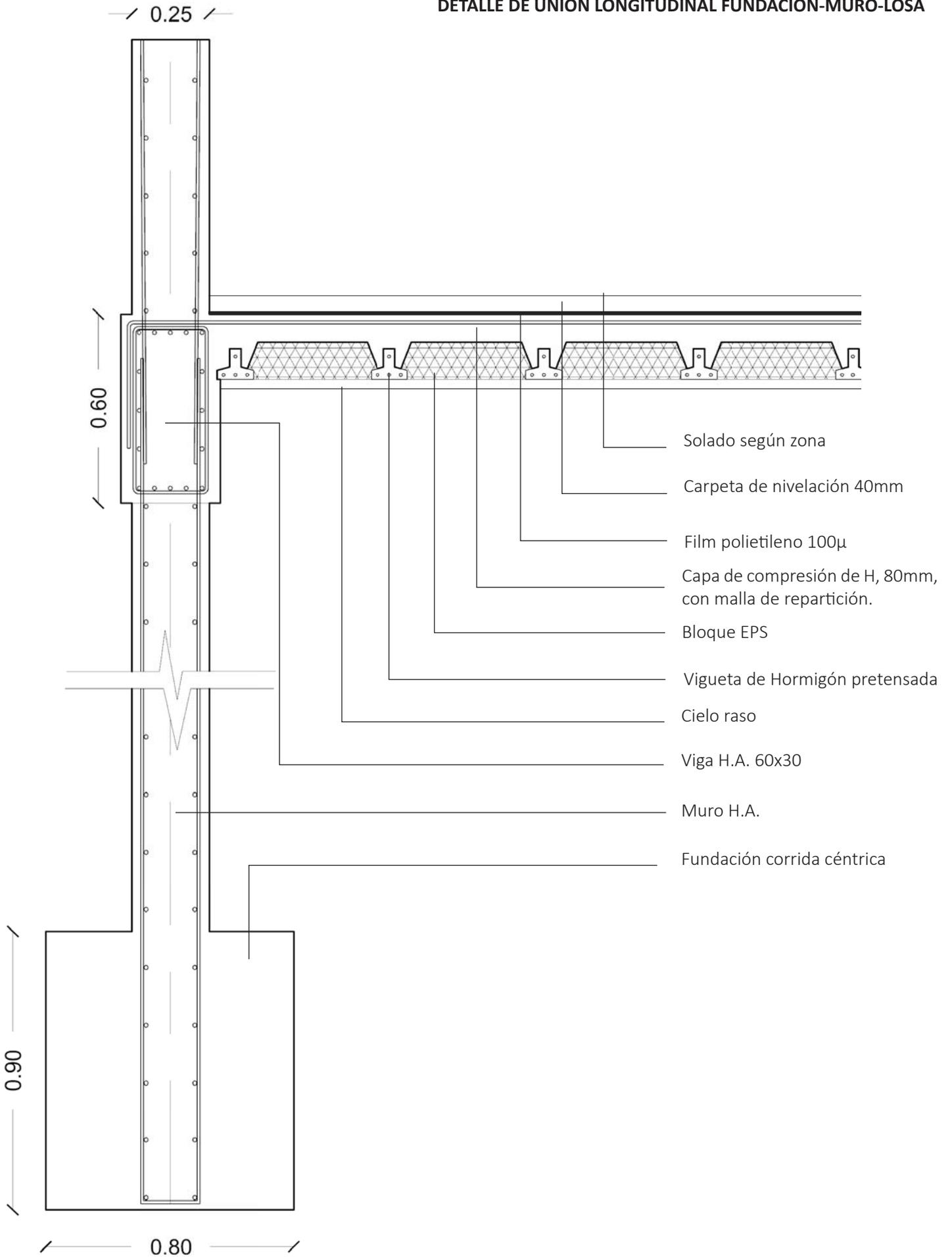
El nivel 1 y 2 poseen muros continuos a excepción del puente del nivel 2, en base a estructura de acero reticulada para solventar una luz de 30m.



Imágen, lado derecho  
**Axonométrica de distribución de muros**

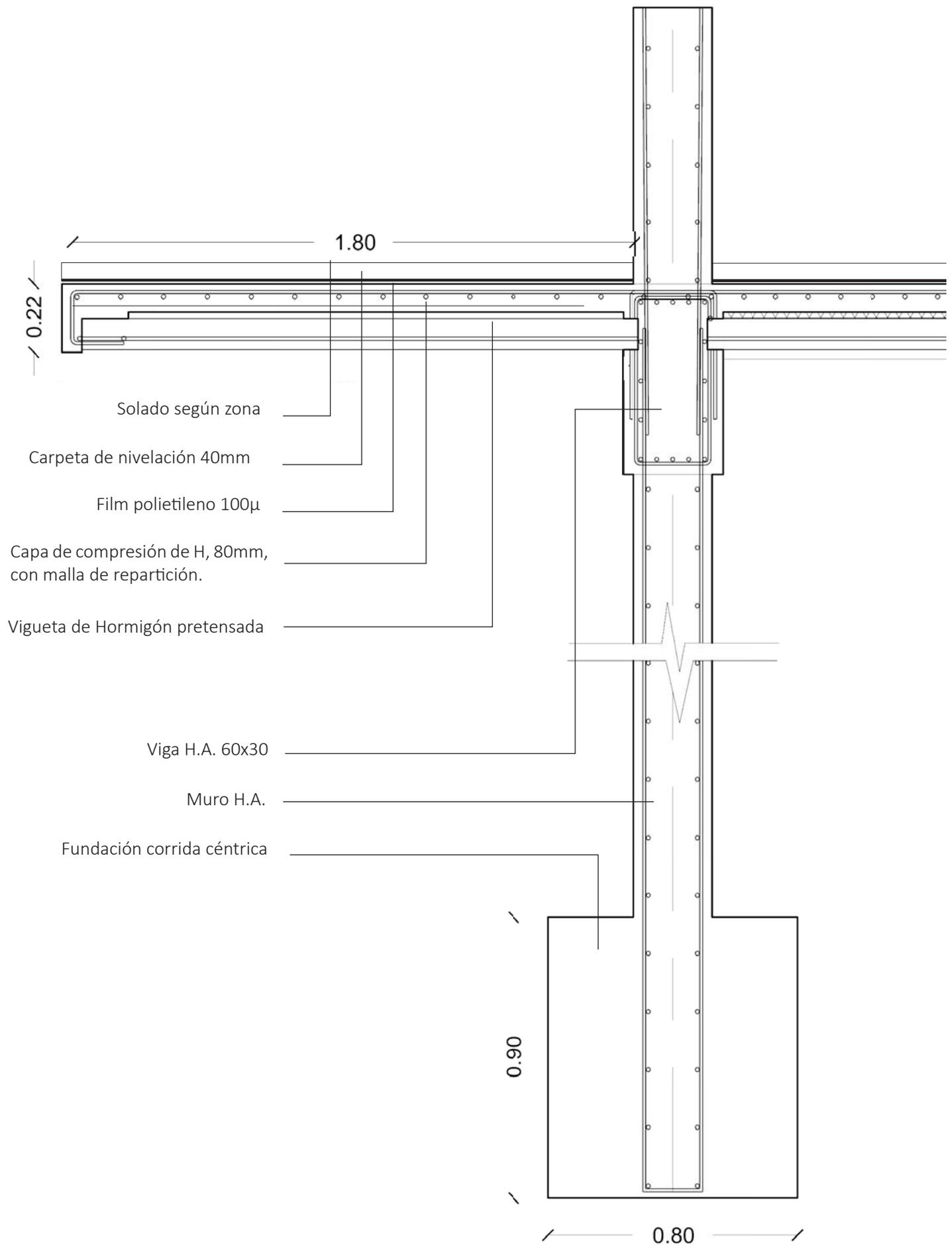
Página de la izquierda  
**Ductos de sistema HVAC**

# DETALLE DE UNIÓN LONGITUDINAL FUNDACIÓN-MURO-LOSA



# DETALLE DE UNIÓN TRANSVERSAL FUNDACIÓN-MURO-LOSA

0.25



## TÉCNICA

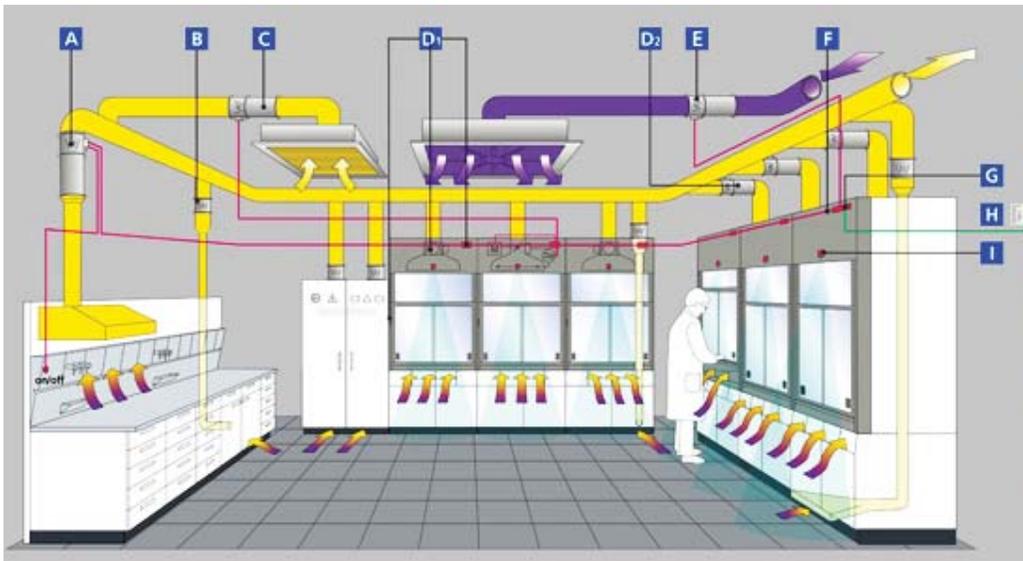
### RENOVACIÓN DE AIRE Y CONTROL TÉRMICO

Según los parámetros de ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers), el recambio de aire para salas de laboratorios va entre 8 a 10HAC mientras se ocupan. Dichos valores requieren de sistemas mecánicos HVAC sumado a técnicas de ventilación pasiva que ayuden a reducir los altos costos energéticos de estos equipos.

#### PROPUESTA DE VENTILACIÓN ACTIVA

De los dos tipos de sistemas de extracción por chimenea utilizados en Labs (cerrados y variables), se define la instalación de sistemas variables. Esto, debido a que las necesidades del espacio de I+D pueden variar drásticamente entre un proyecto y otro, incluyendo la necesidad de mayor o menor recambio de aire.

El sistema estandarizado funciona en base a:



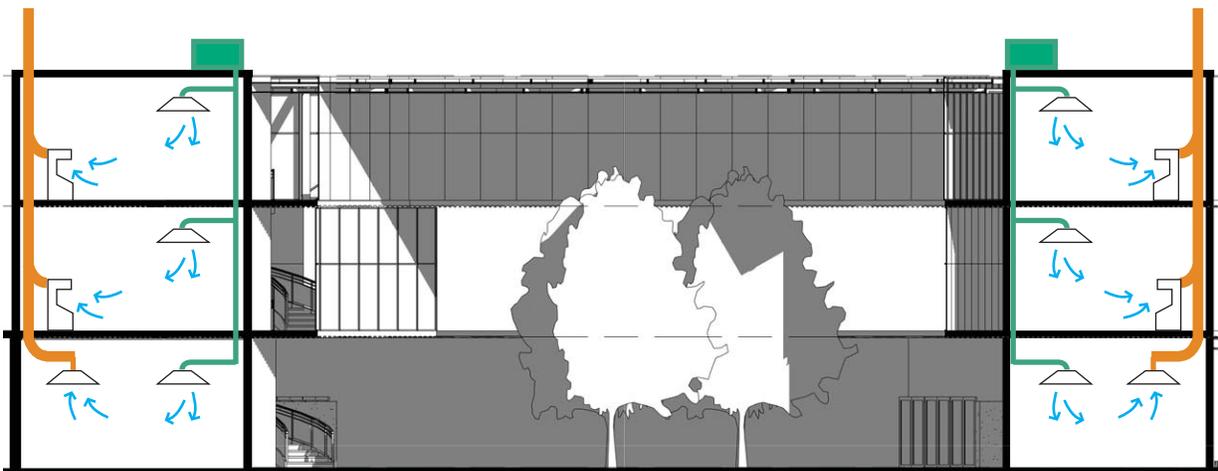
- A Campana de extracción simple
- B Compuerta flujo de aire mecánica
- C Compuerta de extracción de aire
- D1 Controlador flujo de aire
- D2 Controlador de tubería de aire
- E Compuerta de ingreso de aire
- F CAN bus
- G Controlador manual de aire
- H Comunicador inteligente con equipo de mantenimiento vía internet.
- I Controlador SC

Extracción por  
chimenea

Aire  
acondicionado

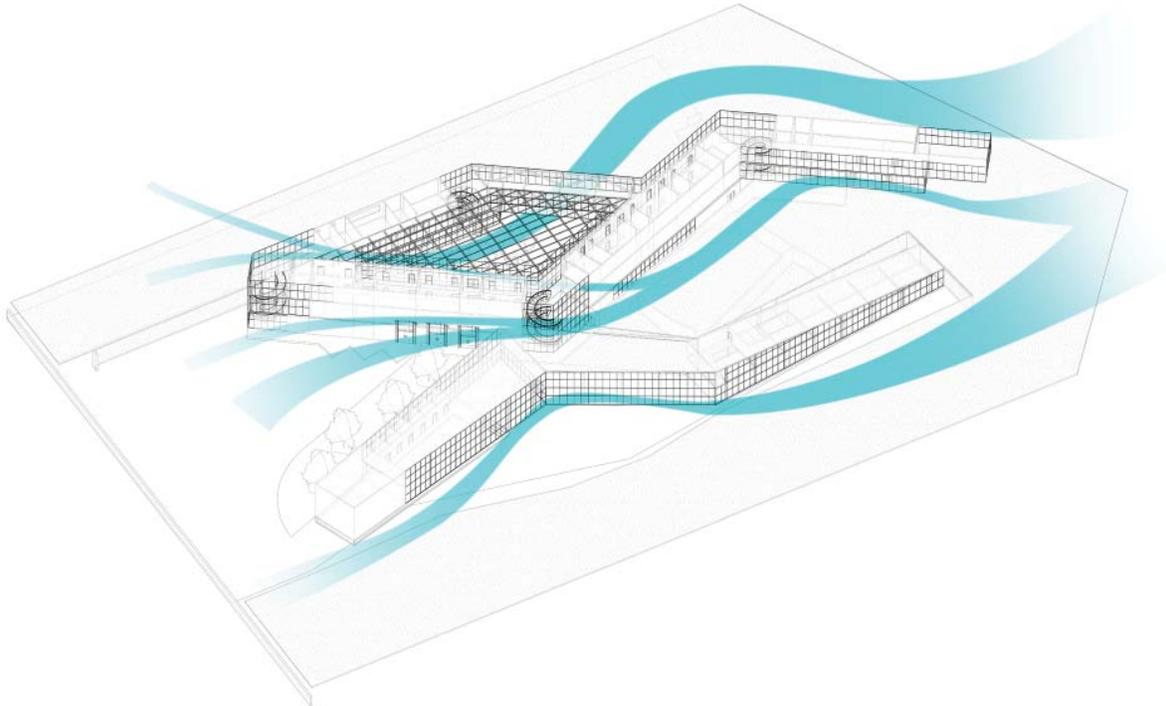
Aire  
acondicionado

Extracción por  
chimenea



## PROPUESTA DE VENTILACIÓN PASIVA

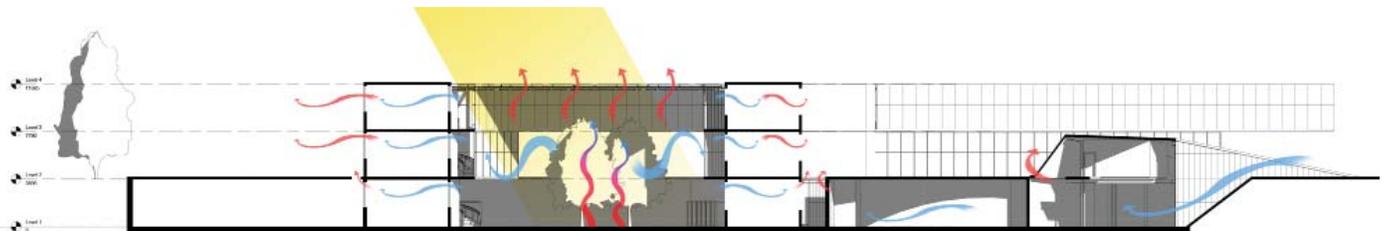
La geometría estilizada de los brazos en dirección norte-sur, las aperturas en quiebres y bajo el puente, y la concatenación de desniveles brindan una solución pasiva de alto rendimiento para generar ventilación cruzada al interior del edificio. De esta manera, los vientos Norte-Sur predominantes durante las horas de mayor actividad laboral (entre 10am y 4pm) recorren el atrio a través de sus quiebres ventilando los espacios interiores por la simple apertura de las ventanas transversales.



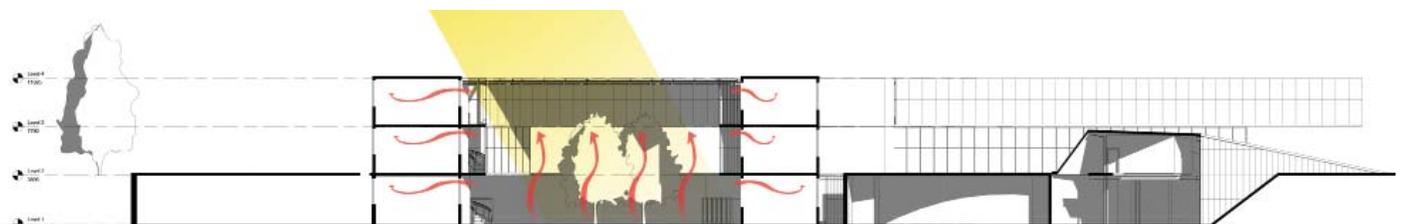
## REGULACIÓN NATURAL DE TEMPERATURA

El patio central funciona como regulador térmico. En verano, el aire se enfría por humidificación natural, permitiendo mayor recirculación de aire frío hacia los laboratorios, y eliminando el restante aire caliente por ventanillas en la cubierta traslúcida. En invierno, se aprovecha el efecto invernadero del atrio para coleccionar calor por masa térmica.

### VERANO



### INVIERNO



Los problemas acústicos mas comunes en laboratorios ocurren por el sonido de equipamientos de ventilación y extracción en cielos.

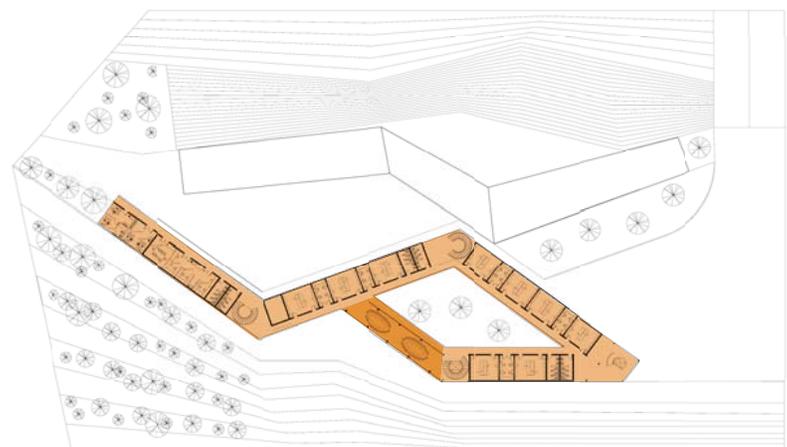
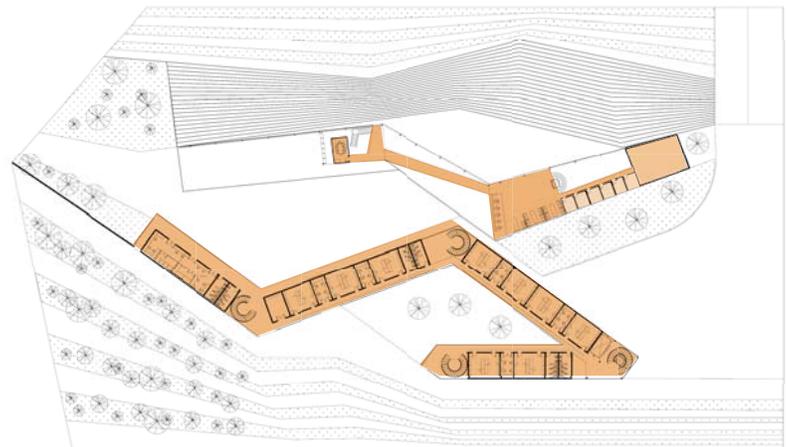
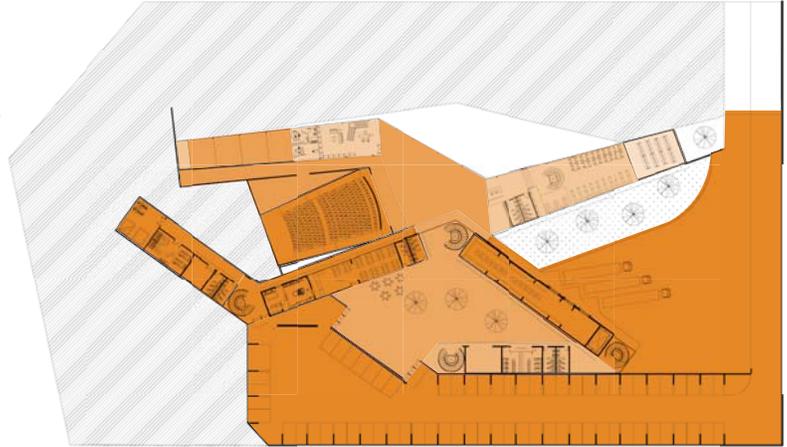
Para evitar este inconveniente, el interior de las celdas de investigación se diseña con cielo falso a 1 metro del cielo raso para trabajar acústicamente en conjunto con Aislación de losa.

El uso de algún tipo de aislación particular en los paneles de cielo falso dependerá si la celda trabaja o no con quimicos volátiles, debido a que materiales porosos tienden a absorber estos componentes.

Debido al desnivel presente de la planta noble, el programa cultural se encuentra aislado acústicamente de la calle, así como el resto de recintos al interior del predio.

La sala de máquinas y auditorio son enterrados para maximizar su aislación total del resto de recintos. Se aprovecha también la presencia de muros de contención en auditorio para aislar el corredor de servicios.

La relación acústica por proximidad entre biblioteca y patio de maniobras se acondiciona mediante la aplicación de termopaneles en todos los paños vidriados, además de generar un patio con vegetación vertical de resguardo.



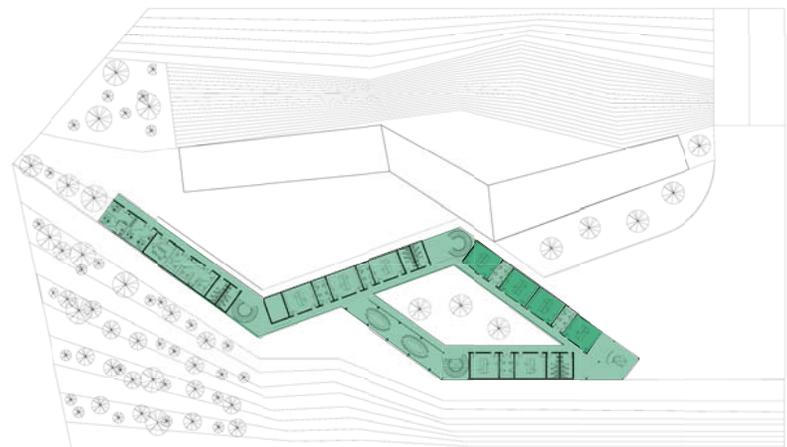
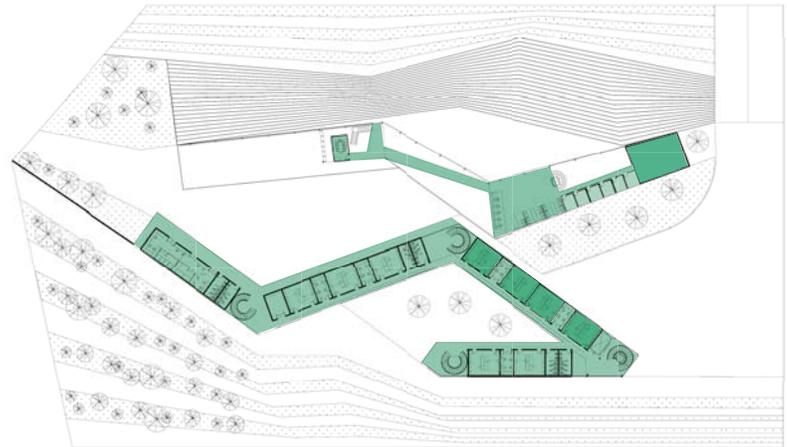
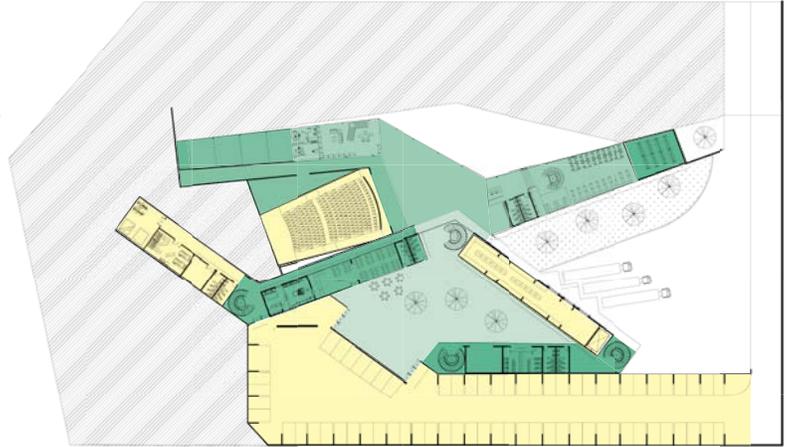
Esquemas, derecha

**Sectorización de recintos por cantidad de ruido que generan (mayor intensidad de color, mayor ruido).**

La iluminación de los laboratorios debe rondar los 750-1100 lux. Debido a que la iluminación artificial es crucial en el proceso de investigación, la iluminación natural cumple un rol de eficiencia energética importante, además de brindar un espacio de trabajo agradable durante el día.

Primero se diferencia la zona oscura de la zona iluminada de laboratorios, propia de los edificios de investigación en materiales. Para ello, se modifican el tamaño de los vanos y el comportamiento de la segunda piel.

Se debe procurar que la iluminación de oficinas entre laboratorios (zona de toma de datos) no interrumpa el correcto funcionamiento de los laboratorios contiguos mediante el mismo tratamiento anterior.



Esquemas, derecha

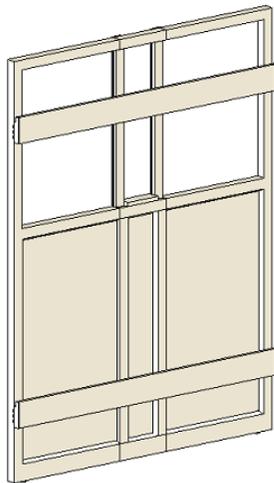
**Sectorización de recintos por cantidad de luz natural que reciben (color mas claro representa mayor luminosidad, color amarillo representa necesidad de iluminación artificial).**

## TÉCNICA

### CRITERIOS DE SEGURIDAD



Imágen, arriba  
**Cielo registrable de yeso con sprinkler**



Imágen, arriba  
**Tabique móvil Herman Miller para labs.**



Imágen, arriba  
**Señalización estándar de laboratorios**

El edificio en su masa adquiere un excelente comportamiento frente al fuego. Las divisiones interiores serán protegidos con palcas de yeso para máxima resistencia contra incendios.

Las unidades deberán contar en su totalidad con detectores de humo y temperatura asociados a sprinklers y a los sistemas de ventilación para evitar mayor propagación.

El sistema de cielos falsos deberá ser aislado mediante paneles de yeso independiente de la terminación de la cara exterior.

Las subdivisiones interiores de las celdas de investigación serán realizadas únicamente con tabiques estandarizados resistentes al fuego y a agentes químicos.

Debido a que entre cada lab hay mínimo 7,2m de distancia. Se dispone de entre 1 y 2 extintores por unidad. Así mismo, en el interior de cada lab también deberá existir un extintor junto a la puerta.

La planta ha sido diseñada con escaleras de evacuación en cada extremo de los brazos, procurando una distancia menor a 20m entre lab y escalera.

Tanto al interior como en pasillos del edificio debe existir señalética acorde a los riesgos y precauciones de cada unidad.

Los controles de acceso hacia área de investigación deberán estar restringidos por puertas con tarjetas inteligentes, y las puertas en celdas de investigación deberán abatirse 180° para agilizar el escape.

En celdas donde se trabaje con químicos se exige la instalación de un lavatorio para manos y ojos y en casos mas extremos, de duchas de emergencia.

Celdas que realicen trabajos de alto riesgo deberán poseer una doble puerta hermética y ducha de emergencia al interior.

En cuanto a los desechos tóxicos, está prohibido verterlos en el alcantarillado público. Para su eliminación se deben almacenar en contenedores especiales para su retiro hacia plantas de tratamiento o similares. Debido a la ubicación del edificio con conexión directa a la ruta del ácido, se propone un convenio de tratamiento de desechos en conjunto con el teniente para el transporte conjunto del material tóxico.

<b>EXEMPT AMOUNTS OF HAZARDOUS MATERIALS PRESENTING A HEALTH HAZARD (MAXIMUM QUANTITIES PER CONTROL AREA)</b>								
Material	Storage <sup>b</sup>			Closed Systems <sup>b</sup>			Open Systems <sup>b</sup>	
	Solids (lb) <sup>cd</sup>	Liquid (gal or lb) <sup>cd</sup>	Gases (cu ft)	Solids (lb) <sup>c</sup>	Liquid (gal or lb) <sup>c</sup>	Gases (cu ft)	Solids (lb) <sup>c</sup>	Liquid (gal or lb) <sup>c</sup>
Corrosive	5,000	500	810 <sup>cd</sup>	5,000	500	810 <sup>cd</sup>	1,000	100
Highly Toxic	1	(1)	20 <sup>e</sup>	1	(1)	20 <sup>e</sup>	1/4	(1/4)
Irritant	5,000	500	810 <sup>cd</sup>	5,000	500	810 <sup>cd</sup>	1,000	100
Radioactive	25 rem, unsealed			100 rem, sealed sources			25 rem, sealed source	
Sensitize	5,000	500	810 <sup>cd</sup>	5,000	500	810 <sup>cd</sup>	1,000	100
Toxic	500	(500)	810 <sup>cd</sup>	500	(500)	810 <sup>cd</sup>	125	(125)
Other Health Hazards	5,000	500	810 <sup>cd</sup>	5,000	500	810 <sup>cd</sup>	1,000	100

<sup>a</sup> Quantities in parentheses correspond to the units in parentheses at the heads of the columns.  
<sup>b</sup> The total quantity in use and in storage may not exceed the amount allowed for storage.  
<sup>c</sup> The maximum allowed amounts can be increased by 100% in buildings equipped throughout with an approved automatic sprinkler system. Note d also applies and the two allowances are cumulative.  
<sup>d</sup> The maximum allowed amounts can be increased by 100% in building equipped throughout with an approved automatic sprinkler system. Note c also applies and the two allowances are cumulative.  
<sup>e</sup> Permitted only when stored in approved exhausted gas cabinets, exhausted enclosures, or fume hoods.  
<sup>f</sup> 1 lb of black sporting powder and 20 lb of smokeless powder are permitted in sprinkler or unsprinklered buildings.

Tabla, arriba  
**Cantidades permitidas de material peligroso al interior de laboratorios**



imagen, arriba  
**Almacenamiento de cilindros de gas al interior de una celda de lab.**

El almacenamiento de químicos al interior de las celdas está restringido por una tabla de control estandarizada. Para el almacenamiento de insumos fuera de las celdas (bodegas), se diseña no sólo en base a la carga de combustible, sino también a criterios de ventilación y confinamiento de sustancias volátiles en unidades separadas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **PUBLICACIONES**

Area Minera. (2014). Los desafíos de la industria en primera línea. Area Minera, 14-16.

ASHRAE Handbook – HVAC Applications, Chapter 13, “Laboratories”

Braun, H., & Gromling, D. (2005). Research and Technology Buildings- A design manual. Basel: Birkhäuser.

Ingenieros del cobre y minería. (2014). Chile no escapa de baja global. Ingenieros del cobre y minería, 141-143.

Kliment, S. A. (2001). Building Type Basics for Research Laboratories. Washington: John Wiley and Sons.

Minería global. (2014). Porencian innovadora investigación en Biominería. Minería global, 27-28.

Rodriguez, A. (2014). El factor investigación. Qué pasa minería, 126-133.

TSI Incorporated. (2014). Laboratory Design Handbook.

U.S. Environmental Protection Agency Office of Administration and Resources Management. (2088). Laboratories for the 21st Century: An Introduction to Low-Energy Desig.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **ARTÍCULOS WEB**

Alcaíno, F. (3 de agosto de 2015). Los proyectos más importantes para descongestionar la conurbación Machalí-Rancagua. Obtenido de Diario El Libertador: <http://www.diariolibertador.com/?q=noticia&id=1736>

Allende, S. (11 de julio de 1971). Discurso presidencial al promulgarse la ley que nacionalizó el cobre. Rancagua.

Alvarez, A. (5 de mayo de 2015). Machalí sigue siendo la comuna con mejor calidad de vida de la Región. Obtenido de El tipografo: <http://el-tipografo.cl/2015/05/machali-sigue-siendo-la-comuna-con-mejor-calidad-de-vida-de-la-region/>

Astudillo, P. (30 de julio de 2013). El cobre, el grafeno y los peligros que corren los países que no investigan. Obtenido de Ciper Chile: [ciperchile.cl/2013/07/30/el-cobre-el-grafeno-y-los-peligros-que-corren-los-paises-que-no-investigacion/](http://ciperchile.cl/2013/07/30/el-cobre-el-grafeno-y-los-peligros-que-corren-los-paises-que-no-investigacion/)

Baldwin, E. (14 de Noviembre de 2013). Laboratory Design: It's Time for a Breakthrough. Obtenido de Archdaily: [www.archdaily.com/444473/laboratory-design-it-s-time-for-a-breakthrough/](http://www.archdaily.com/444473/laboratory-design-it-s-time-for-a-breakthrough/)

Emol. (22 de Septiembre de 2014). Minería aportaría cerca de la mitad de recursos al fisco que hace dos años. Obtenido de Emol: [www.emol.com/noticias/economia/2014/09/22/681249/mineria-aportaria-cerca-de-la-mitad-de-recursos-al-fisco-que-hace-dos-anos.html](http://www.emol.com/noticias/economia/2014/09/22/681249/mineria-aportaria-cerca-de-la-mitad-de-recursos-al-fisco-que-hace-dos-anos.html)

Equipo Plataforma Urbana. (28 de Diciembre de 2014). Falta de vías y tacos obligan a Machalí a congelar nuevos proyectos inmobiliarios. Obtenido de Plataforma Urbana: [www.plataformaurbana.cl/archive/2014/12/28/falta-de-vias-y-tacos-obligan-a-machali-a-congelar-nuevos-proyectos-inmobiliarios/](http://www.plataformaurbana.cl/archive/2014/12/28/falta-de-vias-y-tacos-obligan-a-machali-a-congelar-nuevos-proyectos-inmobiliarios/)

Escobar, F. (16 de Diciembre de 2014). Institucionalidad científica: ¿Hacia dónde debe avanzar Chile? Obtenido de Uchile.cl: <http://www.uchile.cl/noticias/108236/institucionalidad-cientifica-hacia-donde-debe-avanzar-chile>

Espinoza, C. (27 de Enero de 2015). Gobierno anuncia comisión para crear futuro Ministerio de Ciencia y Tecnología. Obtenido de Latercera.cl: <http://www.uchile.cl/noticias/109181/gobierno-anuncia-comision-para-crear-futuro-ministerio-de-ciencia>

Gubin, A. (8 de Junio de 2014). OIT: países que en el 2000 invirtieron en empleos de calidad registran las mejores economías. Obtenido de La gran época: <http://www.lagranepoca.com/archivo/32112-oit-paises-que-2000-invirtieron-empleos-calidad-registran-mejores-economias.html>

Minería chilena. (24 de Marzo de 2015). Copptech realiza lanzamiento de productos con cobre antimicrobial. Obtenido de Minería chilena: <http://www.mch.cl/2015/03/24/copptech-realiza-lanzamiento-de-productos-con-cobre-antimicrobial/>

Miranda, M. (17 de Enero de 2015). MOP estudia habilitar ruta que una futuro túnel Las Leñas y San Antonio. Obtenido de La tercera: diario. [latercera.com/2015/01/17/01/contenido/pais/31-181785-9-mop-estudia-habilitar-ruta-que-una-futuro-tunel-las-lenas-y-san-antonio.shtml](http://www.latercera.com/2015/01/17/01/contenido/pais/31-181785-9-mop-estudia-habilitar-ruta-que-una-futuro-tunel-las-lenas-y-san-antonio.shtml)

mostrador, E. (13 de marzo de 2014). Precio del cobre cae bajo US\$3 y se pone por debajo del límite de rentabilidad de las mineras. Obtenido de El mostrador: <http://www.elmostrador.cl/noticias/pais/2014/03/13/precio-del-cobre-cae-bajo-us3-y-se-pone-por-debajo-del-limite-de-rentabilidad-de-las-mineras/>

Palma, G. (25 de marzo de 2013). La economía chilena, como el elefante, se balancea sobre la tela de una araña. Obtenido de ciperchile.cl: <http://ciperchile.cl/2013/03/25/la-economia-chilena-como-el-elefante-se-balancea-sobre-la-tela-de-una-arana/>

Pérez, D. (2 de Enero de 2015). Machalí paraliza nuevos proyectos inmobiliarios ante un desmedido crecimiento. Obtenido de El Cachapoal: [elcachapoal.cl/ec/2015/01/02/machali-paraliza-nuevos-proyectos-inmobiliarios-ante-un-desmedido-crecimiento/](http://elcachapoal.cl/ec/2015/01/02/machali-paraliza-nuevos-proyectos-inmobiliarios-ante-un-desmedido-crecimiento/)

Rodriguez, A. (7 de abril de 2013). La revolución del grafeno. Obtenido de Qué pasa minería: <http://www.quepasamineria.cl/index.php/core-business/item/1724-la-revolucion-del-grafeno>

Sullivan, F. (11 de Enero de 2014). Desde fajas hasta dispositivos antisísmicos: Los nuevos productos con cobre en Chile. Obtenido de Emol: <http://www.emol.com/noticias/economia/2014/01/10/639101/desde-fajas-hasta-dispositivos-antisismicos-los-nuevos-productos-con-cobre-en-chile.html>

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **NORMATIVA INTERNACIONAL DE SEGURIDAD EN LABORATORIOS**

American National Standards Institute (ANSI) standards

ANSI Z358.1—Emergency Eyewash and Shower Equipment

ANSI/AIHA—American National Standard Z9.5 for Laboratory Ventilation

Building Officials and Code Administrators International (BOCA)

OSHA Standard Z9—Occupational Exposures to Hazardous Chemicals in Laboratories

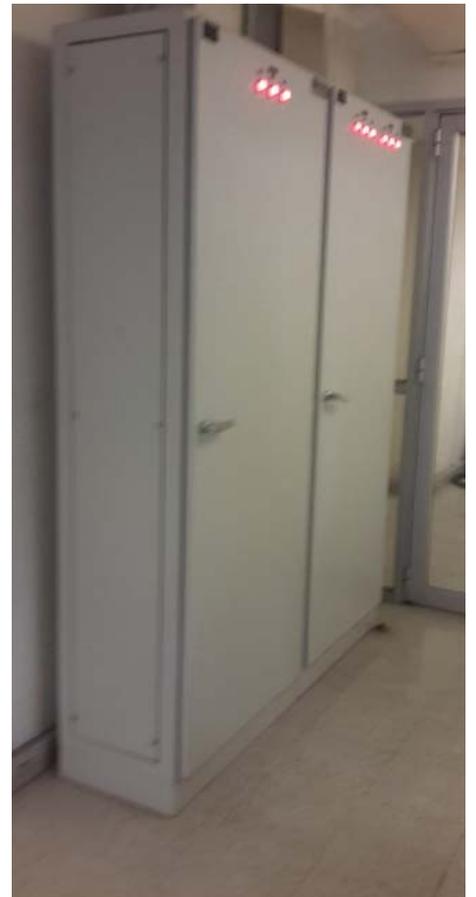
NFPA 101—Life Safety Code.'97

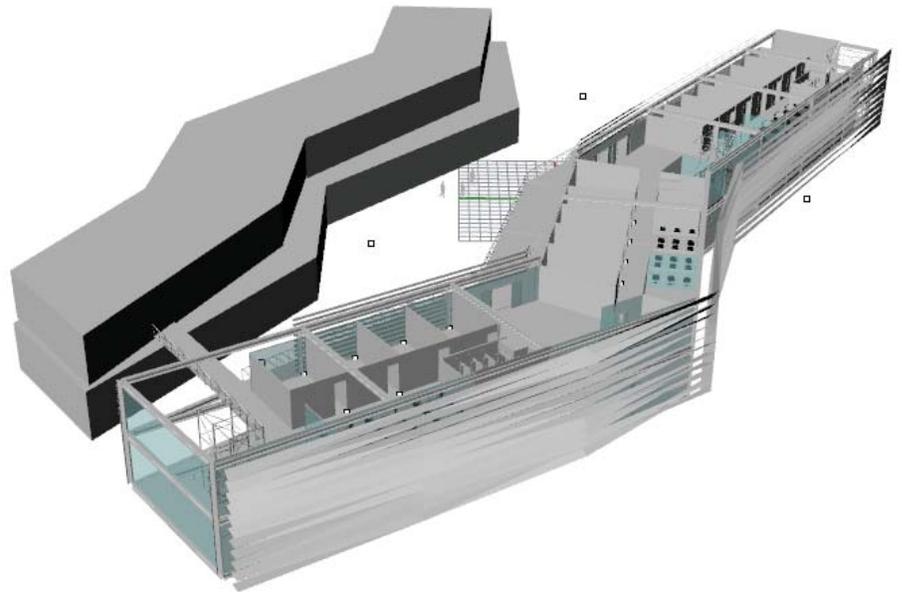
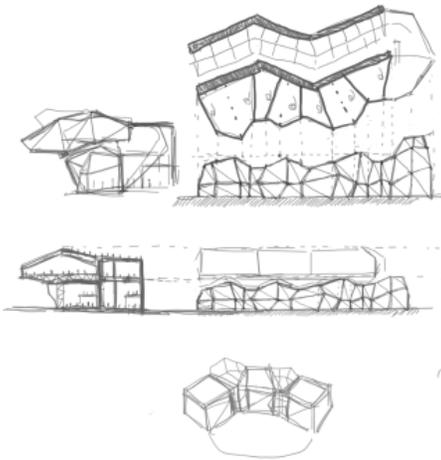
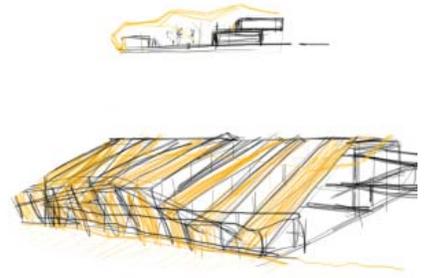
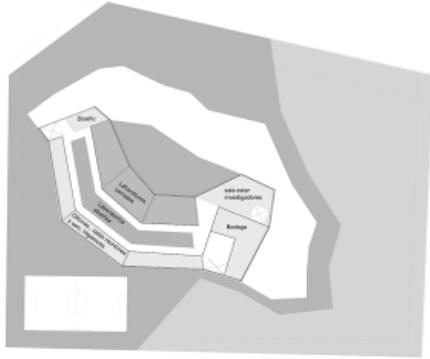
NFPA 30—Flammable and Combustible Liquids Code

NFPA 45—Fire Protection for Laboratories using Chemicals

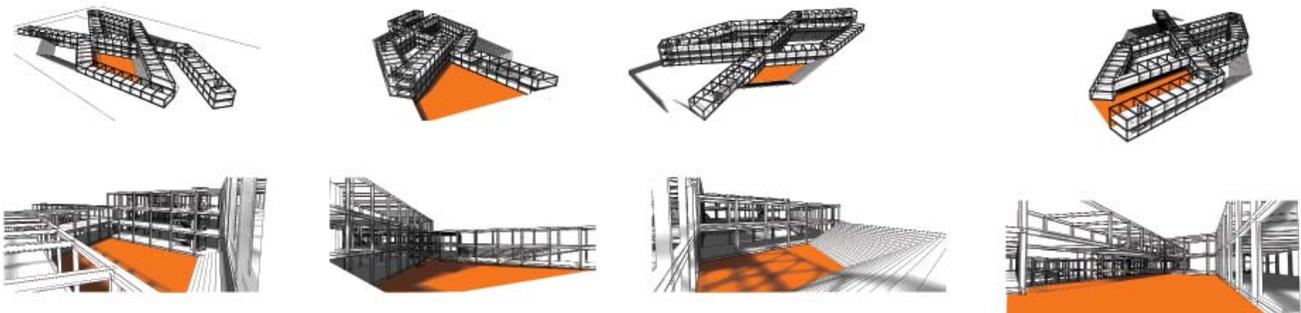
**ANEXOS**  
**VISITA A LAB UCHILE**







**ESPACIOS ARTICULADORES**



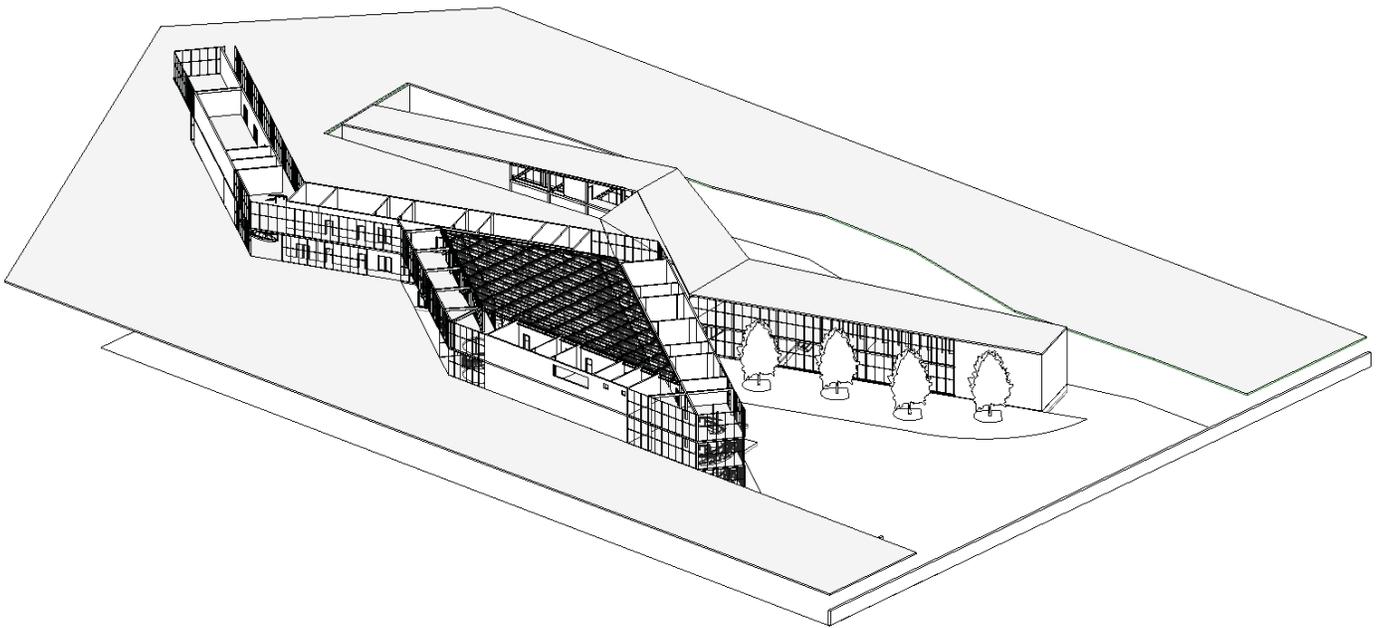
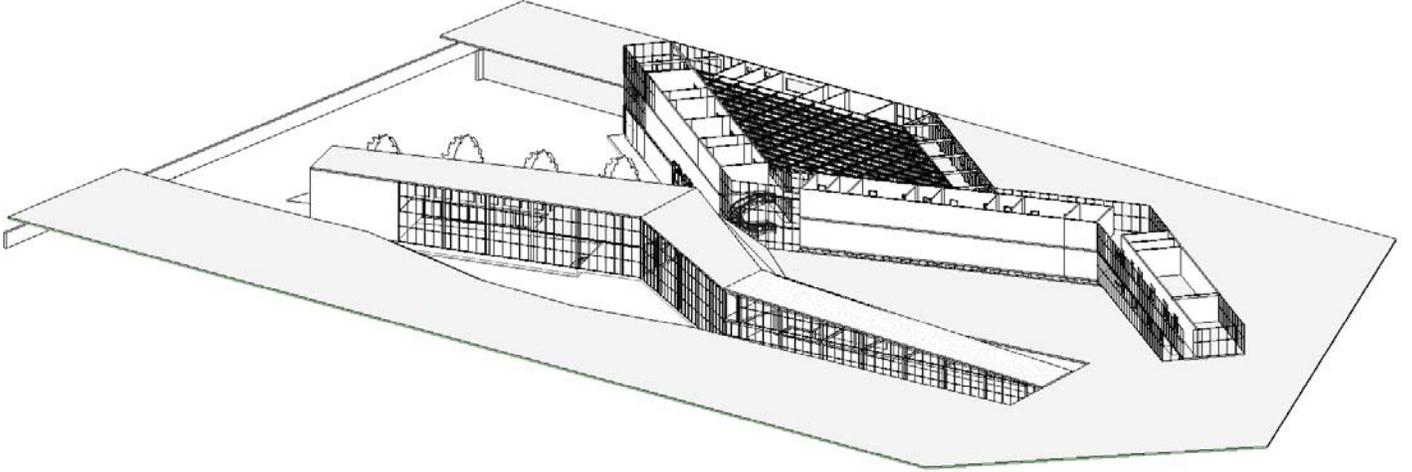


Table 1, Item 1a.

Copper content of world mine production<sup>1</sup>

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013p
<b>Australia</b>																					
Australia.....	443	458	438	603	615	659	792	914	960	958	915	941	1,010	947	960	974	941	959	1,058	1,015 r	1,091
Papua New Guinea.....	224	228	234	205	123	167	207	224	225	233	216	191	213	214	187	176	184	176	144	138	132
Total Australia.....	667	686	672	808	788	826	999	1,138	1,185	1,201	1,131	1,132	1,223	1,161	1,147	1,160	1,125	1,135	1,202	1,153 r	1,222
<b>Americas</b>																					
Argentina.....	—	—	—	—	34	171	220	160	211	225	219	194	205	199	199	173	158	155	129	150	121
Brazil.....	48	44	53	48	43	42	32	34	33	34	30	109	144	158	227	243	228	236	238	244 r	299
Canada.....	808	831	801	759	727	777	684	699	688	665	615	620	656	665	657	669	540	579	624	638	657
Chile.....	2,356	2,447	2,743	3,435	3,739	4,054	4,840	5,073	5,234	5,049	5,405	5,966	5,855	5,909	6,125	5,873	5,941	5,973	5,801	5,990	6,367
Mexico.....	332	337	368	376	431	424	420	402	409	363	384	447	473	368	372	272	253	268	465	551 r	539
Peru.....	413	397	452	534	560	533	591	611	796	931	929	1,142	1,113	1,156	1,312	1,398	1,407	1,375	1,322	1,431	1,516
United States.....	1,964	2,039	2,040	2,115	2,138	2,051	1,763	1,998	1,477	1,256	1,200	1,275	1,257	1,319	1,288	1,444	1,302	1,224	1,227	1,290 r	1,367
Total Americas.....	5,851	6,044	6,500	7,304	7,714	8,088	8,560	8,677	8,848	8,653	8,823	9,754	9,716	8,774	10,180	10,072	9,888	9,888	9,888	10,284 r	10,908
<b>Europe</b>																					
Bulgaria.....	57	63	85	95	95	93	107	103	107	105	103	104	104	122	121	116	115	115	126	119 r	121
Poland.....	422	415	424	466	457	481	511	501	522	554	546	585	564	548	498	473	484	489	470	471	473
Portugal.....	166	144	143	119	117	126	110	84	91	85	85	105	99	87	99	99	96	82	88	81 r	84
Scandinavia.....	120	105	110	98	112	92	89	99	95	95	108	108	112	110	84	78	75	101	107	119	134
Serbia.....	83	100	82	77	81	78	57	51	30	34	23	13	14	13	19	21	21	0 r	—	—	—
Total Europe.....	868	848	846	868	862	870	878	838	845	873	865	818	888	880	821	788	788	787 r	781	780 r	813
<b>Asia</b>																					
Russian Federation.....	643	632	580	577	557	584	590	584	595	730	684	684	705	744	761	777	745	775	799	794 r	799
China.....	507	568	623	621	687	678	737	795	802	780	816	977	998	1,126	1,043	1,205	1,171	1,300	1,402	1,543 r	1,721
India.....	55	51	51	53	41	44	36	37	38	34	32	32	25	32	36	31	33	36	40	33 r	40
Indonesia.....	341	368	507	579	604	682	866	1,107	1,155	1,282	1,106	929	1,174	900	870	717	1,098	962	999	438 r	561
Iran.....	96	130	112	114	131	141	143	143	145	146	162	161	181	238	259	273	289	263	334	271 r	246
Japan <sup>(2)</sup> .....	11	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Kazakhstan <sup>(3)</sup> .....	290	237	256	276	349	373	412	474	518	522	535	509	443	479	448	465	448	419	479	460 r	493
Mongolia <sup>(4)</sup> .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	145	143	142	139	137	219
Philippines.....	150	128	119	68	54	50	41	35	26	21	22	18	18	19	24	24	52	65	70	72 r	103
Total Asia.....	2,083	2,120	2,248	2,288	2,423	2,762	2,827	3,176	3,280	3,616	3,387	3,323	3,646	3,688	3,688	3,894	3,878	3,878	3,888	3,848 r	4,181
<b>Africa</b>																					
Namibia.....	37	32	25	20	20	7	—	6	17	20	18	15	12	7	11	10	—	—	4	6 r	5
South Africa.....	208	203	208	208	205	207	177	179	123	100	99	96	98	99	107	120	119	113	127	89 r	82
Congo.....	51	33	39	55	44	39	34	36	42	42	70	82	111	141	157	236	332	401	529	619 r	928
Zambia.....	476	424	347	400	383	347	309	275	349	376	384	443	477	523	551	612	614	755	864	765 r	829
Total Africa.....	771	692	618	685	662	600	520	498	531	588	571	698	697	768	838	877	1,086	1,270	1,624	1,480 r	1,844
Other <sup>(5)</sup> .....	188	188	265	335	348	339	333	339	331	320	320	619	547	600	476	608	741	686 r	720	859 r	864
<b>TOTAL WORLD.....</b>	<b>10,436</b>	<b>10,478</b>	<b>11,140</b>	<b>12,274</b>	<b>12,797</b>	<b>13,487</b>	<b>14,193</b>	<b>14,688</b>	<b>15,020</b>	<b>14,870</b>	<b>15,077</b>	<b>16,281</b>	<b>16,821</b>	<b>16,721</b>	<b>17,657</b>	<b>17,127</b>	<b>17,658</b>	<b>17,878 r</b>	<b>17,862</b>	<b>18,421 r</b>	<b>19,830</b>

Source: International Copper Study Group

p - preliminary r - revised

(1) Copper content of concentrate, precipitate, or electrolyte.

(2) Included in "Other" starting in 1996.

(3) Kazakhstan reported separately from the Russian Federation starting in 1992; included with Russian Federation for 1990-2001.

(4) Mongolia no longer included with China starting in 2007.

(5) Includes countries from various continents, making the continent totals somewhat low.

Numbers may not sum due to rounding.

**TABLA / TABLE 13.1**  
**PRODUCTO INTERNO BRUTO POR CLASE DE ACTIVIDAD ECONÓMICA, A PRECIOS CORRIENTES, REFERENCIA 2008 - ANUAL Y TRIMESTRAL**  
Gross Domestic Product by Economic Activity, at Current Prices, Reference 2008 (Yearly and Quarterly)  
(millones de pesos) / (CLP\$ Mn)

ACTIVIDAD ECONÓMICA / Economic Activity	2009				2010				2011				2012				2013			
	I Trim/ Q1	II Trim/ Q2	III Trim/ Q3	Total	I Trim/ Q1	II Trim/ Q2	III Trim/ Q3	Total	I Trim/ Q1	II Trim/ Q2	III Trim/ Q3	Total	IV Trim/ Q4	Total	I Trim/ Q1	II Trim/ Q2	III Trim/ Q3	IV Trim/ Q4	Total	
Agropecuaria-silvícola / Agriculture and Forestry	2.738.801	3.029.868	3.357.540	1.297.761	848.259	496.031	704.360	3.346.410	1.494.301	936.511	-	-	-	2.430.811						
Pesca / Fishery	427.991	509.379	631.406	176.072	175.644	173.436	138.924	683.977	156.141	147.512	-	-	-	303.852						
Minería / Mining	12.670.391	17.743.114	18.070.836	4.220.653	3.984.222	3.897.165	4.538.610	16.620.649	3.812.935	3.419.977	-	-	-	7.232.912						
Minería del cobre / Copper Mining	11.649.569	16.360.236	16.113.918	3.785.340	3.527.699	3.421.177	4.027.376	14.761.592	3.365.853	2.978.282	-	-	-	6.344.135						
Otras actividades mineras / Other Mining	1.020.621	1.382.878	1.956.718	435.312	456.523	475.986	511.234	1.859.050	447.083	441.694	-	-	-	806.777						
Industria Manufacturera / Manufacturing Industry	10.892.426	12.005.188	13.295.316	3.235.677	3.525.609	3.267.881	3.516.714	13.545.882	3.323.009	3.596.977	-	-	-	6.919.988						
Electricidad, gas y agua / Electricity, Gas and Water	3.006.976	3.109.504	3.375.386	842.817	797.855	798.405	911.790	3.350.867	954.412	889.816	-	-	-	1.844.228						
Construcción / Construction	7.187.372	7.555.845	8.370.433	2.198.050	2.211.674	2.364.526	2.737.696	9.533.147	2.661.911	2.611.311	-	-	-	5.273.222						
Comercio, restaurantes y hoteles / Wholesale and Retail Trade, Hotels and Restaurants	8.840.511	10.402.623	11.477.918	2.970.239	3.186.442	3.176.149	3.588.578	12.931.408	3.269.448	3.483.420	-	-	-	6.752.868						
Transporte / Transport	4.162.644	4.825.394	4.679.459	1.295.594	1.314.430	1.280.300	1.449.669	5.339.993	1.293.424	1.270.693	-	-	-	2.564.117						
Comunicaciones / Communications	1.980.734	2.205.581	2.360.563	615.620	646.205	669.699	715.909	2.647.463	671.531	682.165	-	-	-	1.353.696						
Servicios financieros y empresariales / Financial and Business Services	17.186.066	18.742.356	21.524.533	5.926.345	5.949.963	5.902.650	6.376.502	24.155.461	6.464.279	6.468.119	-	-	-	12.952.397						
Servicios de vivienda / Dwelling Services	4.750.010	5.302.290	5.946.607	1.620.200	1.655.260	1.679.997	1.710.403	6.065.965	1.721.260	1.736.705	-	-	-	3.457.965						
Servicios personales / Personal Services <sup>(1)</sup>	10.582.848	11.674.326	13.109.764	3.207.832	3.530.431	3.628.330	3.755.477	14.122.070	3.444.833	3.885.050	-	-	-	7.329.683						
Administración pública / Public Administration	4.410.047	4.863.870	5.184.059	1.393.863	1.396.369	1.410.854	1.428.091	5.616.166	1.506.613	1.545.900	-	-	-	3.052.513						
Impuesto al valor agregado / Value Added Tax	7.173.512	8.194.360	9.347.631	2.385.732	2.470.474	2.578.777	2.925.660	10.360.644	2.580.984	2.661.012	-	-	-	5.241.995						
Derechos de importación / Import Duties	463.631	644.450	651.170	175.132	185.468	173.228	158.862	692.690	180.713	160.996	-	-	-	341.708						
<b>PRODUCTO INTERNO BRUTO / Gross Domestic Product</b>	<b>96.443.761</b>	<b>111.007.886</b>	<b>121.402.822</b>	<b>31.652.638</b>	<b>31.868.313</b>	<b>31.622.430</b>	<b>34.657.460</b>	<b>129.600.791</b>	<b>33.656.693</b>	<b>33.496.161</b>	-	-	-	<b>67.051.764</b>						

(1) Incluye educación, salud y otros servicios / Includes education, health, and other services.  
Fuente / Source: Banco Central / Central Bank.

**ANEXOS**  
**LISTAS DE CRITERIOS LAB**

**SUSTAINABLE DESIGN CRITERIA**

Parameter	Code Minimum	Code Reference	Standard Practice	Design Target
Ventilation	10 cfm/person	ASHRAE 62/89	same	Maximize outdoor air in the breathing zone
Filtration	none		35–80%	65% per filter 85% final filter
Indoor design Temperature	75°F summer 72°F winter		same	
Humidity control	uncontrolled		uncontrolled	60% RH summer 40% RH winter
Equipment heat dissipation	NA		3–4W/sq ft	1.5W/sq ft or 2W/sq ft with 75% diversity factor
Toilet exhaust	50 cfm/fixture	ASHRAE 62/89	same	2 cfm/sq ft
Connected lighting heat load	NA		2W/sq ft	0.5-0.75W/sq ft Total task/ambient with occupancy sensors and daylight sensors
Lighting levels	100 ft candles all direct		same	20–30 ft candles with ambient and task lighting
Building shell infiltration	6 in./100 sq ft	ASHRAE guideline	3 in./100 sq ft	1.5 in./100 sq ft (Canadian Standard)
Building shell Infiltration (alternate)	0.60 cfm/sq ft		0.30 cfm/sq ft	0.10 cfm/sq ft
Exterior wall insulation	U = 0.28 btu/sq ft/hr	BOCA energy code	U = 0.10 btu/sq ft/hr	U = 0.15 btu/sq ft/hr (S) U = 0.05 btu/sq ft/hr (N, E, W)
Exterior wall moisture control	none			AIB - with insulation both sides
Roof insulation	U - 0.07 btu/sq ft/hr	BOCA energy code	U - 0.05 btu/sq ft/hr	U - 0.05 btu/sq ft/hr with low albedo surfacing
Windows				
Glazing type	single/clear		double/clear	heat reflecting clear
Visible transmittance	0.80		0.78	0.70
Shading coefficient	1.00		0.80	0.43
U value	1.04		0.48	0.30
Heat degree days	6,155 btu	ASHRAE	same	determined by DOE 2 analysis of TMY data

**RECOMMENDED AIR CHANGE RATES AND AIR VELOCITIES**

Room Classification	Air-Change Rate	Air Velocity
Class 100,000	18–30 air changes per hour	—
Class 10,000	40–60 air changes per hour	10 FPM
Class 1,000	150–300 air changes per hour	30–50 FPM
Class 100	400–540 air changes per hour	75–90 FPM
Class 10	400–540 air changes per hour	75–90 FPM
Class 1	540–600 air changes per hour	90-100 FPM

# TYPICAL LAB CRITERIA SHEET

DEPARTMENT Chemical and Materials Engineering

SPACE NAME Typical Research Lab

FUNCTION \_\_\_\_\_

NUMBER OF SPACES \_\_\_\_\_

SIZE \_\_\_\_\_

STUDENTS/STAFF \_\_\_\_\_

<b>Architectural</b>	<b>Mechanical</b>	<b>Plumbing</b>
Floor _____	Temperature _____	Laboratory Natural Gas(LG) _____
VCT (Chemical Resistant) _____	72 degrees + 2 degrees _____	Laboratory Vacuum (LV) _____
VCT _____	68-75 degrees + 2 degrees _____	Laboratory Air (LA) _____
Welded Seam Mipolean _____	Humidity _____	Compressed Air, 100psi _____
Carpet _____	General or Individual Stacks _____	Industrial Hot Water (IHW) _____
Sealed Concrete _____	50% + 20% _____	Industrial Cold Water (ICW) _____
Partitions _____	Uncontrolled _____	Potable(Drinking) Hot Water _____
Gyp Board, Paint _____	Hoods _____	Potable(Drinking) Cold Water _____
Gyp Board, Epoxy Paint _____	Chemical Fume Hood _____	High Purify Water (DE) _____
Concrete Block _____	Radioisotope Hood _____	Processed Chilled Water _____
Shielding _____	Laminar Flow Hood _____	Steam Condensed Return _____
Base _____	Bio Safety Cab (30-100%) _____	Carbon Dioxide (CO2) _____
4" Vinyl _____	Snorkel _____	Nitrogen Gas (N2) _____
Integral w/ Floor _____	Canopy Hood _____	Cylinder Gases _____
Ceiling _____	Low Slotted Exhaust _____	Inert _____
Exposed Structure _____	Other _____	Flammable _____
Acoustic Tile _____	Air Changes _____	Toxic _____
(2x4), (2x2) _____		Floor Drain (FD) _____
Gyp Board _____	<b>Electrical</b>	Floor Sink (FS) _____
Height _____	110V / 20A, Phase 1 _____	Safety Shower / Eyewash (SS) _____
Doors _____	208V / 30A, Phase 1 _____	Drench Hose (DH) _____
Width _____	208V / 30A, Phase 3 _____	Temp Require. Process Piping _____
Height _____	400V / 100A, Phase 3 _____	<b>Structural</b>
Vision Panel (Glazing) _____	Isolated Ground Power Outlet _____	Vibration Criteria _____
Lighting _____	Emergency Power _____	<b>125-150 psf for live loads</b>
Natural Daylight - Preferred _____	UPS (OFO) _____	
Natural Daylight - Indifferent _____	Phone _____	<b>Equipment</b>
No Natural Daylight _____	Data _____	_____
Special Considerations _____	Cable TV _____	_____
<u>Glass at the entry alcoves only</u> _____	In Use Light _____	_____
<u>Offices on outside wall</u> _____	Task Lighting _____	_____
<u>Write up areas along the corridor</u> _____	100fc at Bench / Desk _____	_____
	75fc at Bench / Desk _____	_____
<b>Security</b>	Safe Light _____	_____
Level of Security _____	Special Lighting _____	_____
Locks Only _____	Darkenable _____	_____
Card Access _____	Zoned Lighting _____	_____
Other _____	Dimming System _____	_____
<u>Card Access for Building only</u> _____	Other _____	_____

**Adjacency Requirements / Special Considerations** \_\_\_\_\_

**Remarks** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



