

1-1-2014

## Escenario cultural para la integración de la Localidad de Kennedy

Nicolás Cifuentes Corredor  
*Universidad de La Salle, Bogotá*

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/arquitectura>



Part of the [Architecture Commons](#)

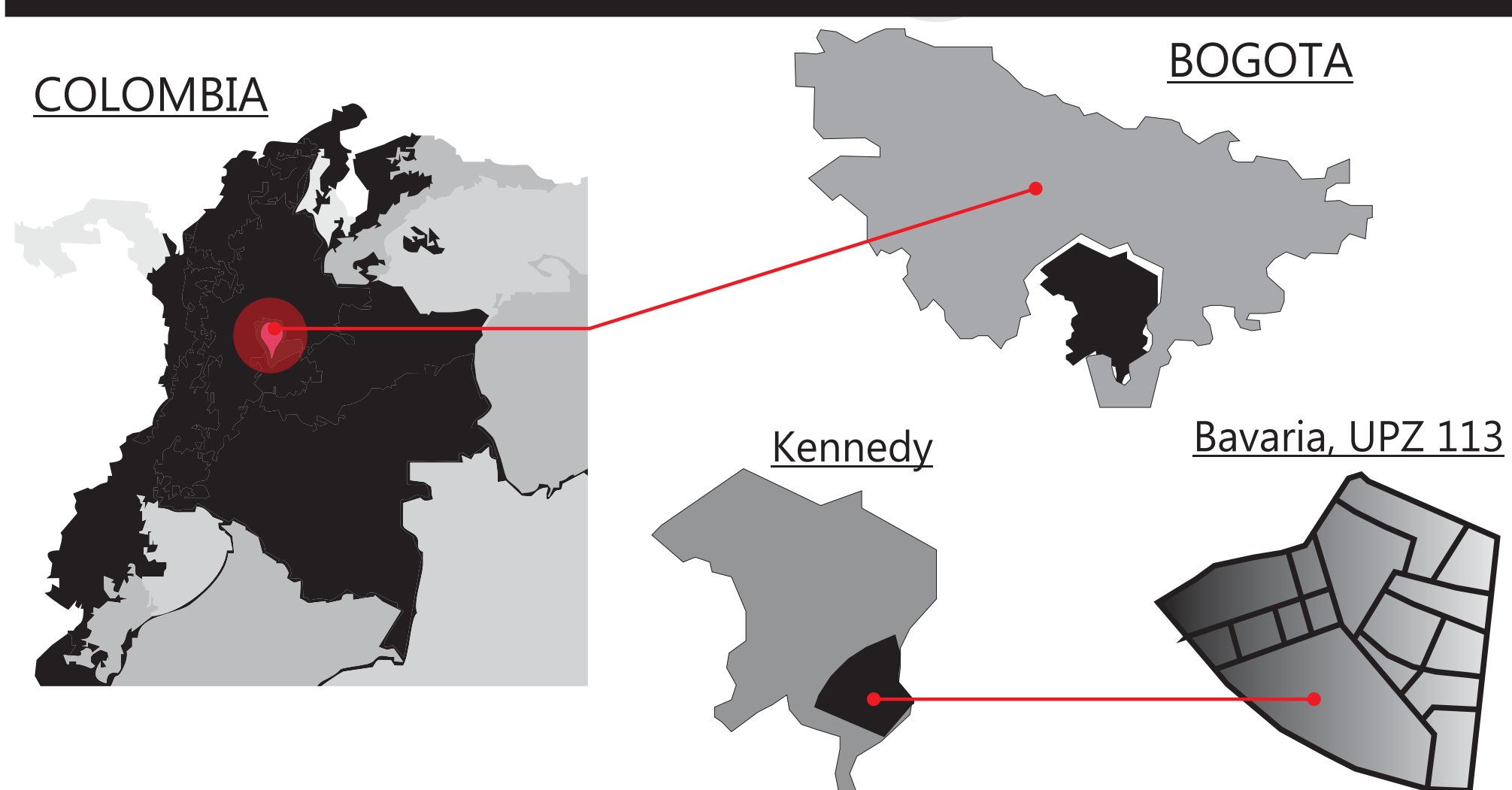
---

### Citación recomendada

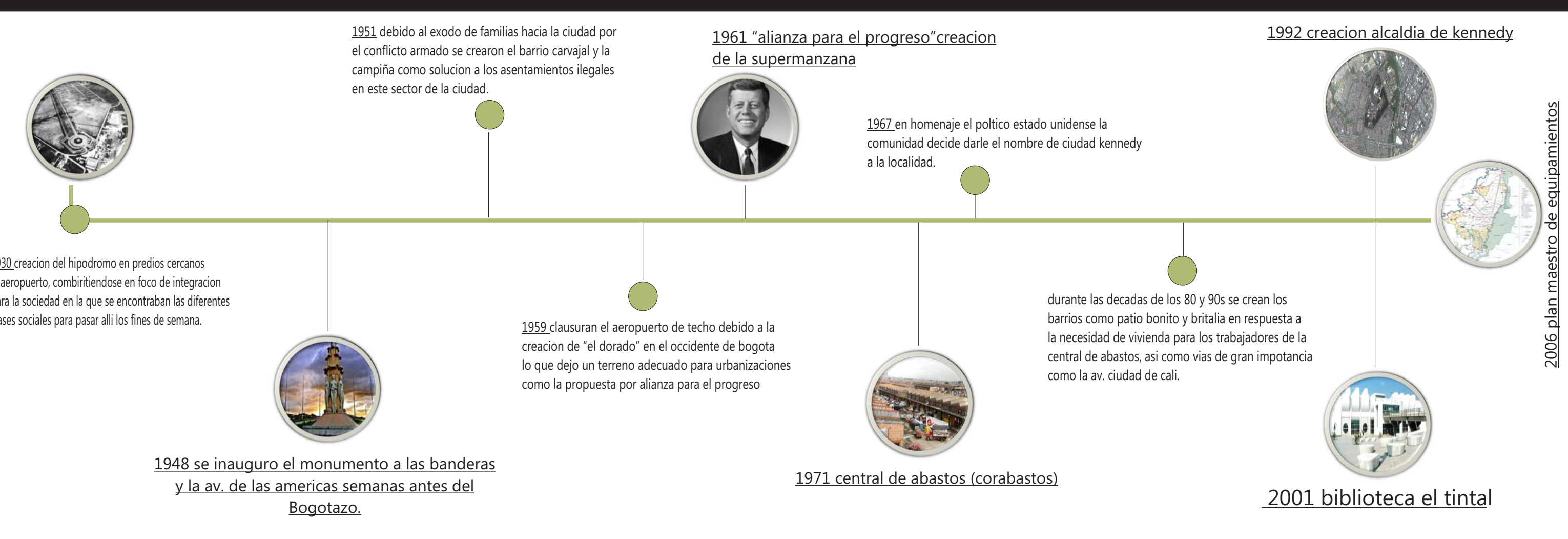
Cifuentes Corredor, N. (2014). Escenario cultural para la integración de la Localidad de Kennedy. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/arquitectura/729>

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Arquitectura by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact [ciencia@lasalle.edu.co](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).





## Antecedentes



## MARCO TEORICO

### justificación.

según los índices de la localidad y los lineamientos presentes en el plan maestro de equipamientos en el decreto 465 del 2006, estos están contemplados como parte de una estructura activa y funcional de la ciudad.

debido a la desarticulación de la red de equipamiento en kennedy la localidad no se a podido proyectar como una cenralidad aun cuando cuenta con diversas potencialidades frente a la estructura de la ciudad, delimitada por ejes de gran importancia para la ciudad y la region, hitos de diferentes caracerísticas y el desarrollo de megaproyectos en vivienda.

## kennedy



## ¿ COMO LOGRAR LA INTEGRACION DE LOS EQUIPAMIENTOS EN KENNEDY PARA CONSOLIDARLA COMO UNA CENTRALIDAD DE JERARQUIA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ?

## CONTEXTUALIZACION

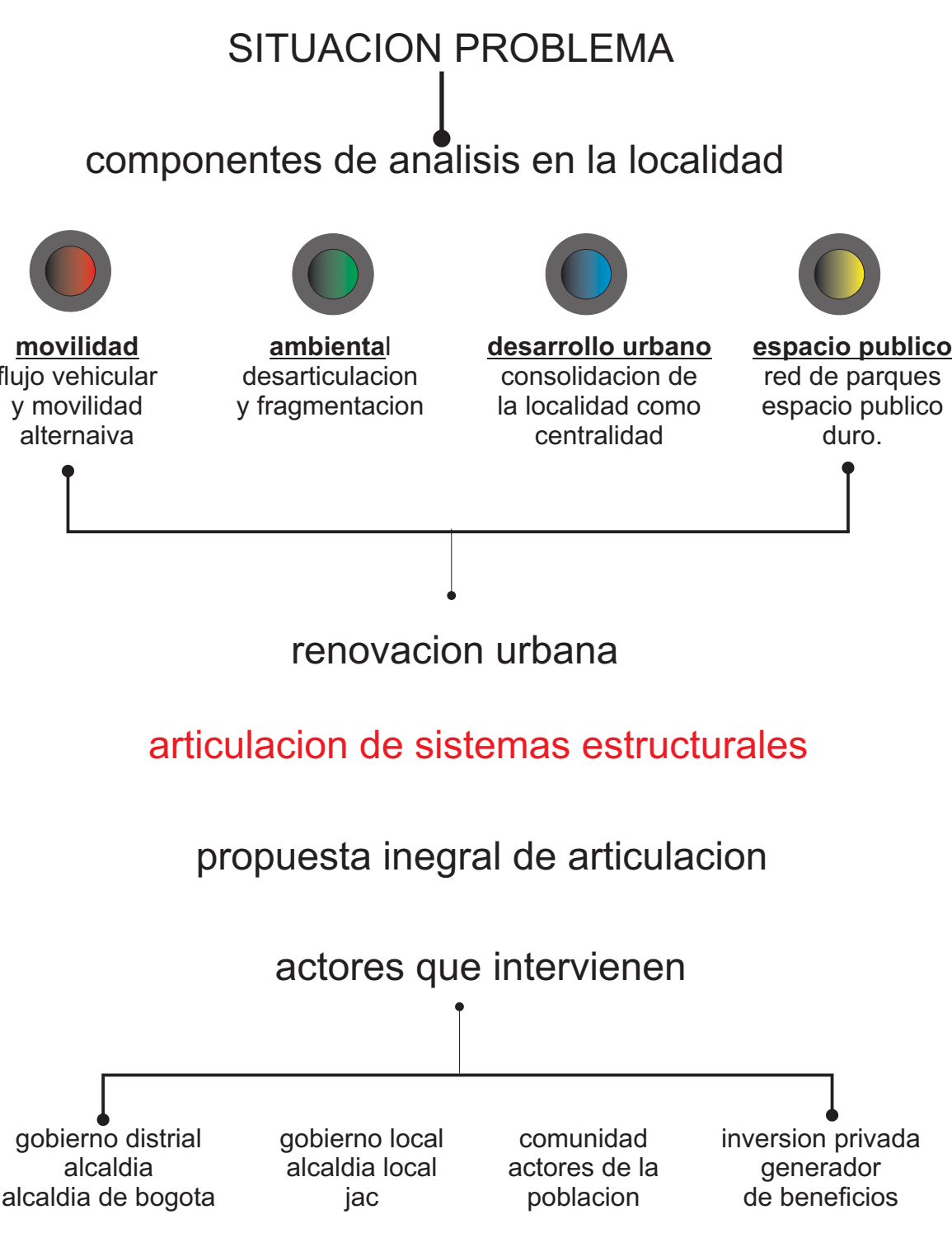
## SITUACION PROBLEMA

### contexto

por un lado en las políticas de organización territorial de la ciudad de Bogotá existen zonas o porciones del territorio definidas como CENTRALIDADES, estas zonas tienen diversas características según el tipo de centralidad y que se componen de servicios, infraestructura y tienen un caracter especial frente al distrito.

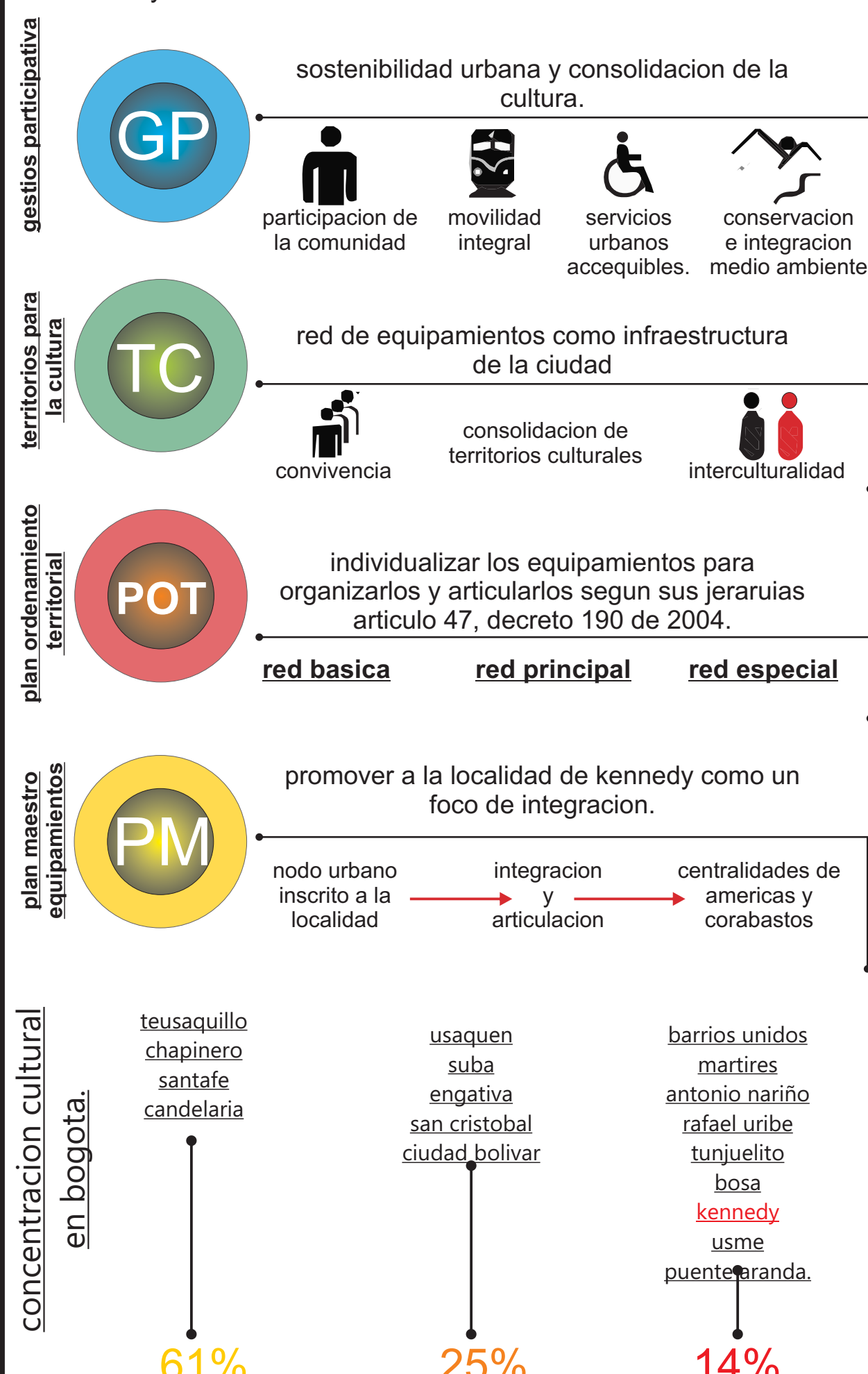
por otro lado la idea de renovación urbana que es un elemento que va a la par con el desarrollo de las ciudades en el que no solo se interviene un bien material sino tambien se propone un cambio de dinámicas en la estructura de la ciudad.

### VARIABLES DE ESTUDIO.

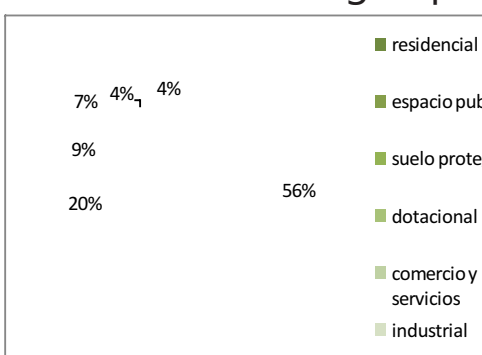


### Políticas culturales - ( localidad)

las políticas culturales de la localidad se basan en la organización, formación y fomento por medio de un observatorio en el cual se pueda sistematizar la información de los bancos de datos y así generar una memoria histórica que aumente el interés de la comunidad y consolide a kennedy como centralidad.

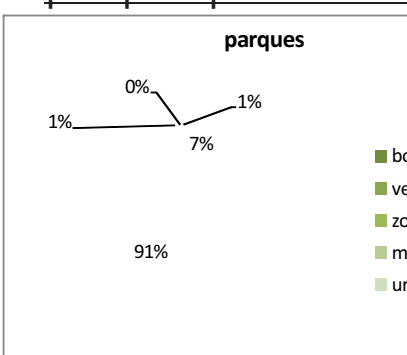


### usos del suelo según pot



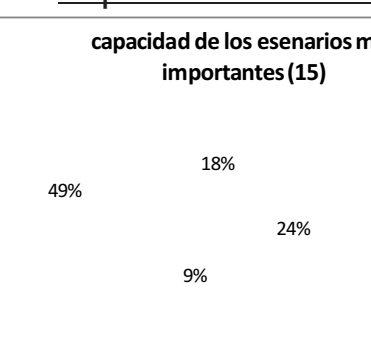
las upz con mayor déficit cultural son bavaria, castilla y américas debido en gran parte al uso del suelo que está dispuesto.

### parques por escala



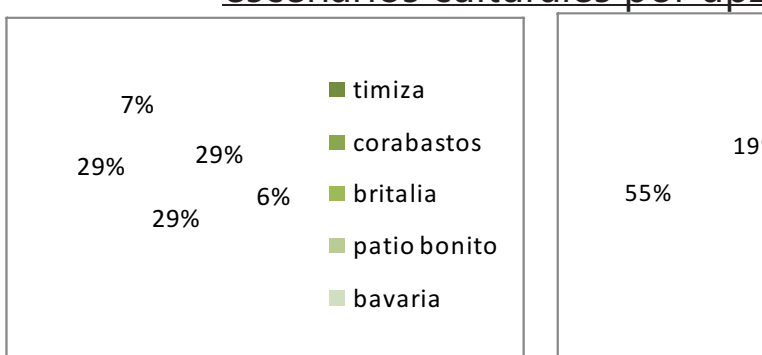
553 zonas verdes = 3.242.864.11m2  
3.41m2 por habitante inferior al promedio del distrito

### capacidad x hab.



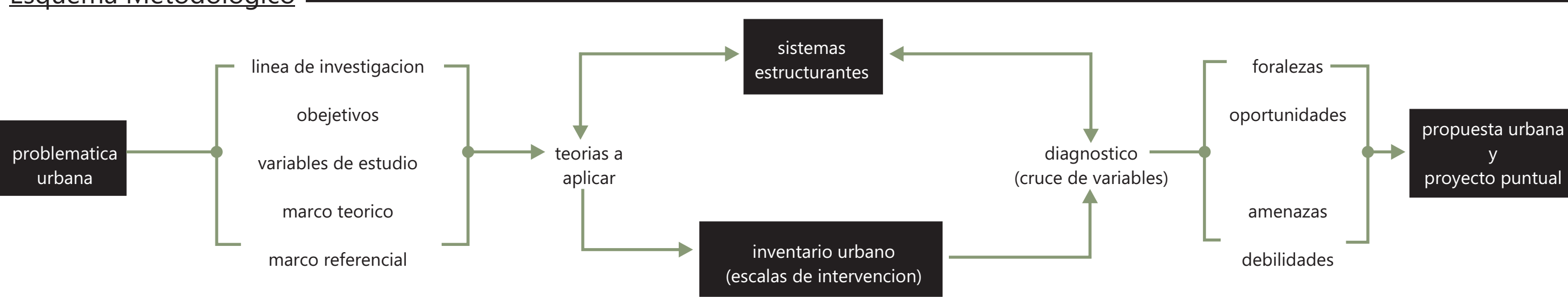
mas del 50 % de los escenarios no cuentan con infraestructura necesaria para la integración social.

### escenarios culturales por upz

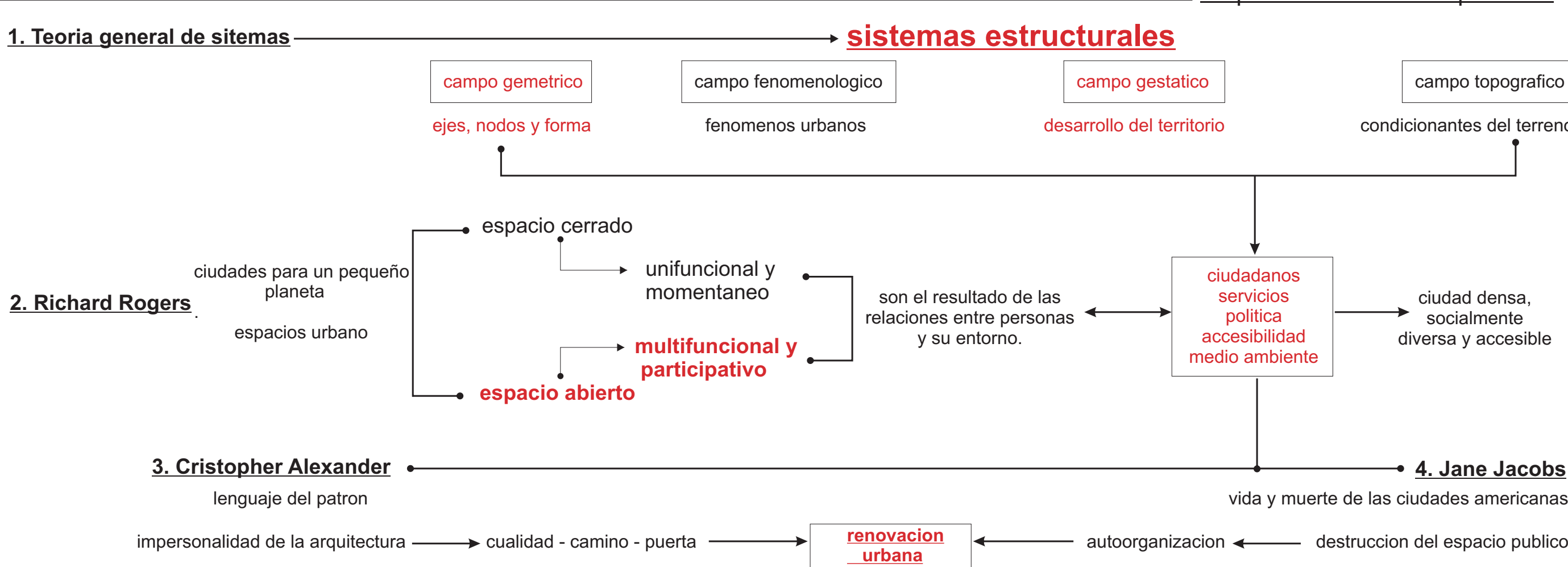


los escenarios culturales de la localidad como esta señalado en los graficos anteriores no cuentan con una gran cobertura y según el uso del suelo se marca la demanda de dichos escenarios segregando las demás upz.

### Esquema Metodológico



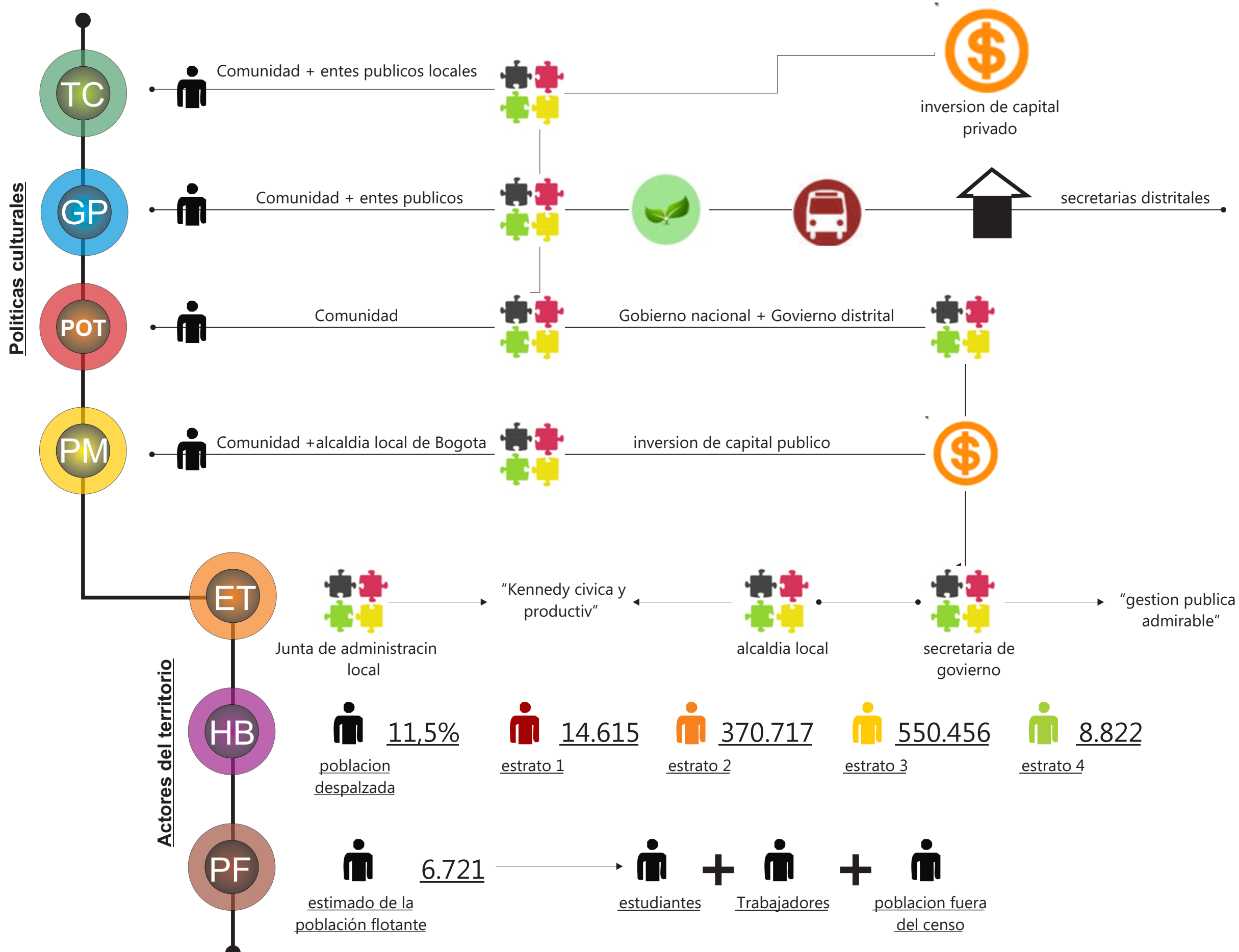
### Esquema de teorías aplicadas



## ESQUEMA DE ACTORES DEL PROYECTO URBANO

Los actores que intervendrán en el proyecto urbano se dividen en dos grupos que interactúan con sus diversas características

- actores del territorio: son aquellos que tienen una relación con el territorio por las diversas actividades humanas, ya sea por relaciones laborales, sociales, etc.
- actores incluidos en las políticas: son todos aquellos que se ven contemplados en las diferentes escalas de políticas de intervención para el desarrollo del territorio.



## HIPOTESIS

por medio de un plan de renovación integral, que tengamos base una propuesta urbana de mejoramiento y consolidación de los sistemas estructurantes según la teoría general de sistemas articular el territorio de la localidad de Kennedy.

implantando un nuevo nodo dotacional que integre hitos y ejes consolidando la localidad como una centralidad de jerarquía para el distrito.

### componentes de la hipótesis



### Objetivos

### objetivo general.

mediante un plan de renovación urbana consolidar a la localidad de Kennedy como una centralidad y a su vez lograr por medio de la articulación de los sistemas estructurales de la ciudad integrarla con las demás centralidades de Bogotá.

### objetivos específicos

#### plantamiento urbano / proyecto arquitectónico

- recuperar la ronda del río fucha e integrar este elemento a un planteamiento urbano que diversifique las actividades entorno al proyecto.
- consolidar de manera prioritaria la articulación de Kennedy con la localidad de la candelaria.
- renovar los sistemas estructurales para consolidar la centralidad y articularla con la ciudad.
- promover y consolidar a Kennedy como una centralidad de jerarquía en la ciudad para diversificar las actividades en la ciudad y no concentrar todas las potencialidades en la candelaria.
- cubrir los déficit de espacios culturales, espacio público y zonas verdes de la localidad.

el observatorio urbano de Kennedy es uno de los ejes del proyecto pues su creación no solo es una de las políticas de desarrollo propuesta por la localidad sino que también se encargará de suplir en cierta cantidad el déficit de equipamientos culturales de la localidad articulándose con las demás centralidades.







### PROPUESTA DESARROLLO DEL LOTE - ESC 1:1500



RELACION DEL PROYECTO CON EL ENTORNO

ESTADO ACTUAL DEL LOTE



#### (1) visuales

ls visuales del proyecto se dan hacia el exteriora puntos como los accesos que por su jerarquía organizan el desarrollo del entorno, generando una diversidad de paisaje.

hacia el interior al desarrollo de un un espacio comunal que integra la vegetacion con la conservación de elementos de la antigua planta de bavaria.

(4) red vehicular  
la ubicación del proyecto se tiene como potencial ser el nodo de una serie de ejes de movilidad alternativa, a su ves se ubica sobre una de las vias vehiculares propuestas y cuenta con un acceso vehicular de jerarquí.

ademas tiene una conexon directa con la av. boyaca.

#### (2) fachada falsa

la conservación de una parte de la fachada del edificio de las cocinas, esta falsa fachada crea perspectivas diferentes del espacio interior.

ademas funcionara como un jardín vertical para aportar a la sostenibilidad del proyecto.

#### (5) vacios internos

los vacios internos del proyecto funcionan como elementos de integración, pues no solo generan visuales tambien un tipo diferente de conexion entre los volumenes.

ademas por la vegetacion presente integran la naturaleza con el elemento construido.

#### (3) accesos vehiculares

los accesos vehiculares son puntos que ademas de organizar los accesos a cada manzana tambien interrumpen esta red de movilidad y asi darle una mayor jerarquía a la movilidad alternativa.

#### (6) accesos peatonales

los accesos peatonales se basan en darle continuidad a los ejes peatonales del sistema de movilidad alternativa.

integrando ejes e hitos presentes en las mahzanas del entorno, elementos como los cielos o el espacio publico propuesto.

#### distribucion actual de la planta de bavaria

1. edificio cocinas de preparacion

2. edificio agua brisa

3. edificios administrativos

4. bodegas

5. fabrica de tapas

6 punto de distribucion

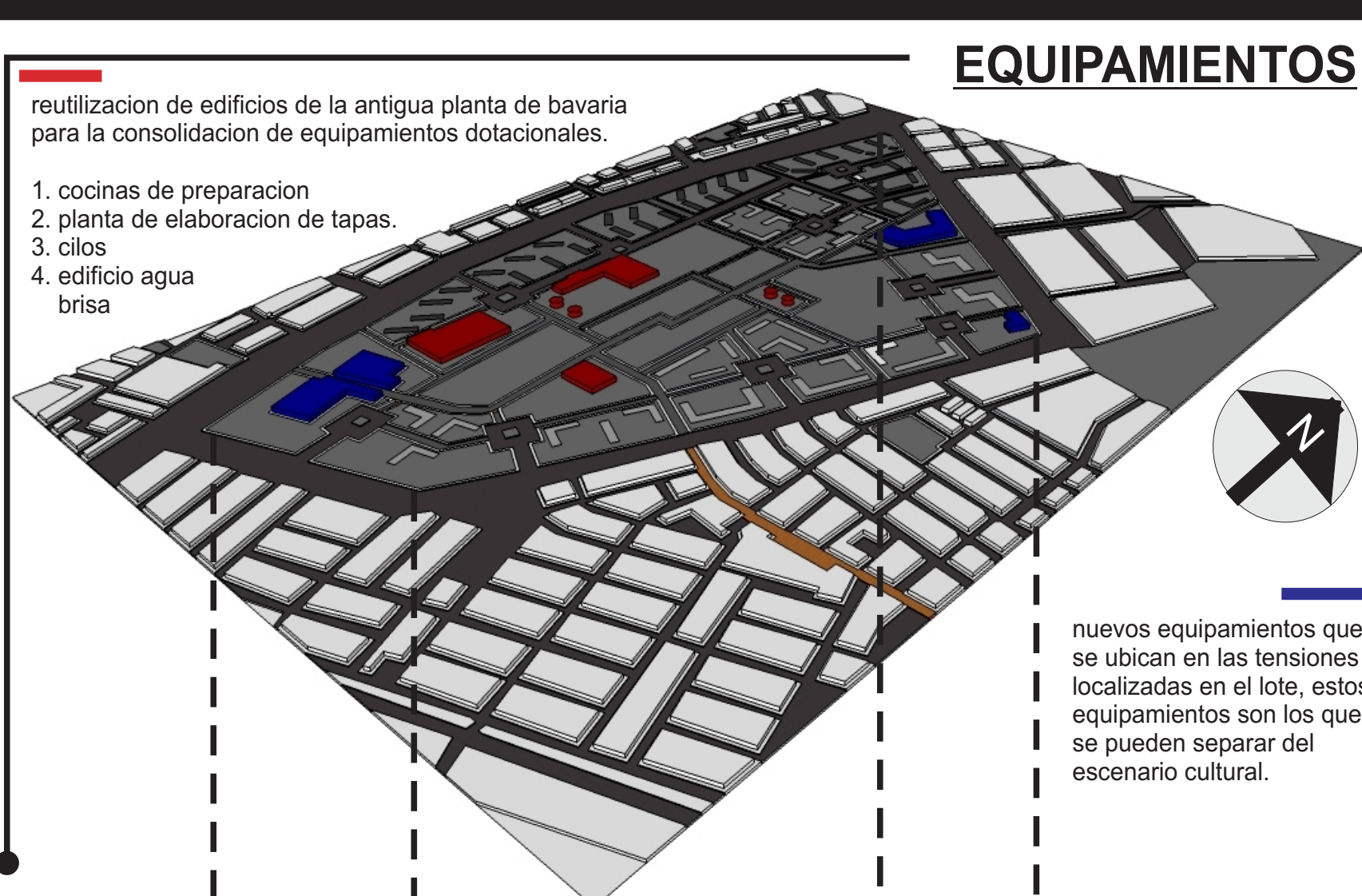
7. cielos

8. parqueadero de camiones

9. club bavaria

10. masas verdes

11. salon de eventos



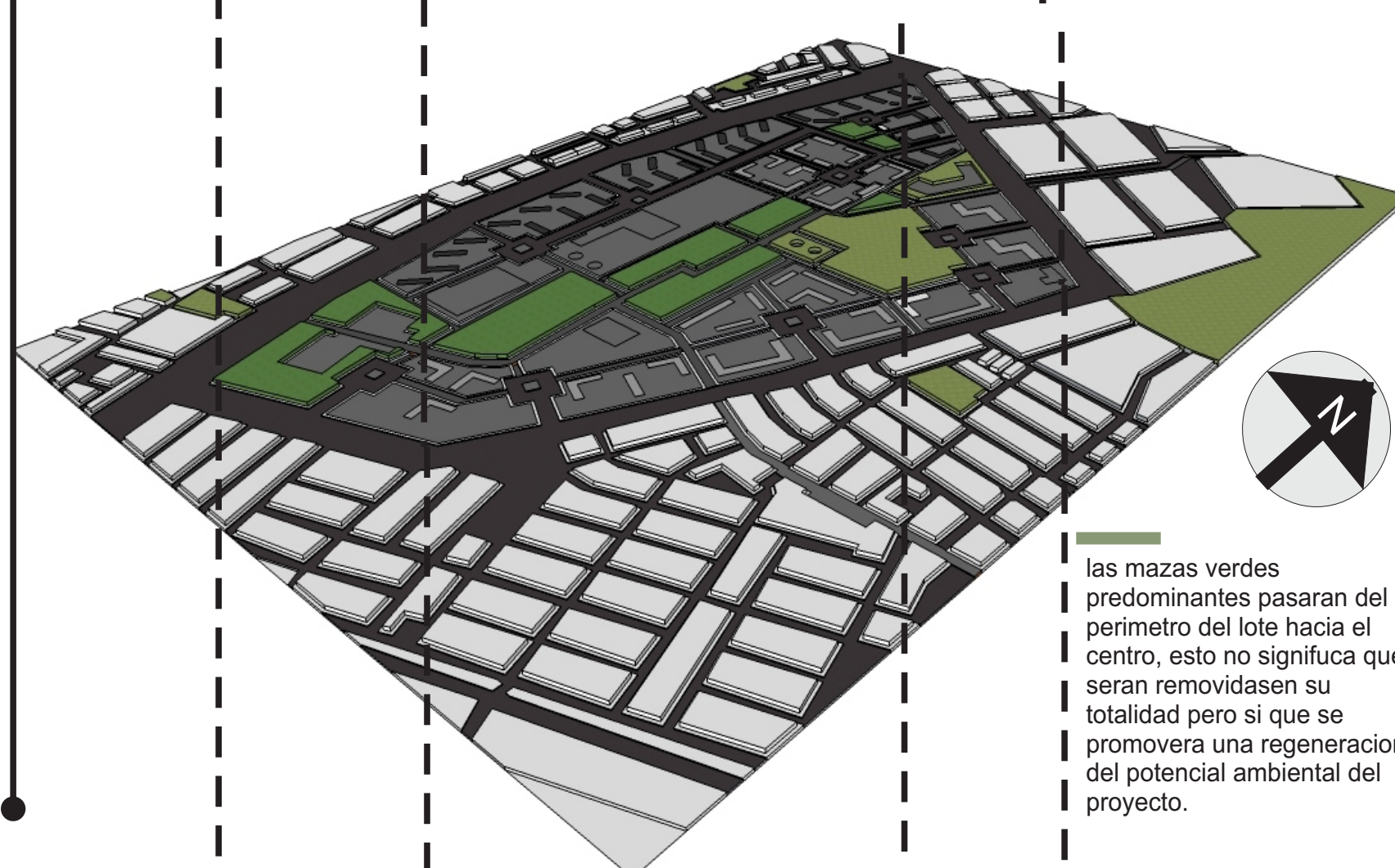
reutilizacion de edificios de la antigua planta de bavaria para la consolidación de equipamientos dotacionales.

1. cocinas de preparacion
2. planta de elaboracion de tapas.
3. cielos
4. edificio agua brisa

#### EQUIPAMIENTOS

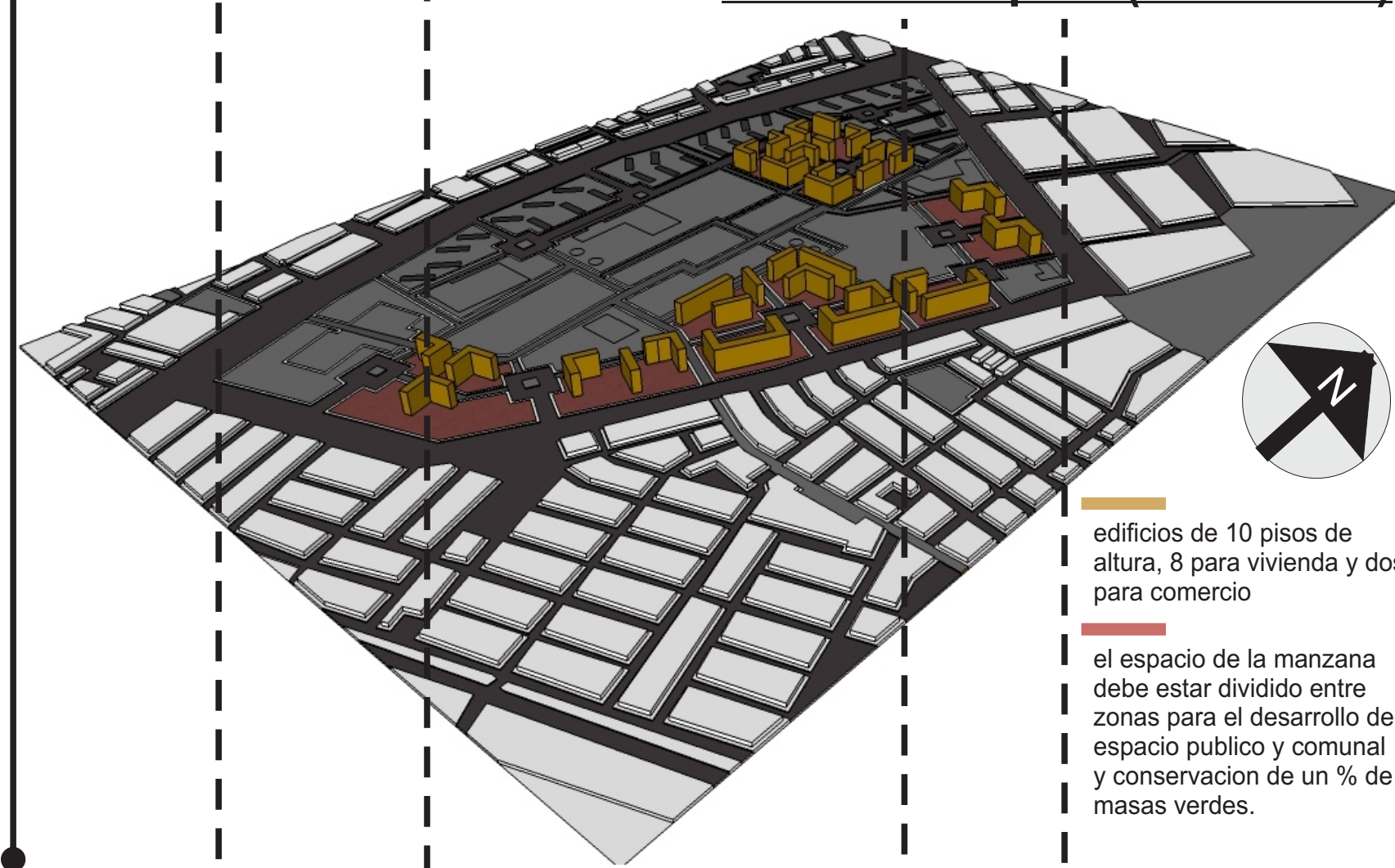
nuevos equipamientos que se ubican en las tensiones localizadas en el lote, estos equipamientos son los que se pueden separar del escenario cultural.

#### masas verdes predominantes



las mazas verdes predominantes pasaran del perímetro del lote hacia el centro, esto no significa que serán removidas su totalidad pero si que se promovera una regeneración del potencial ambiental del proyecto.

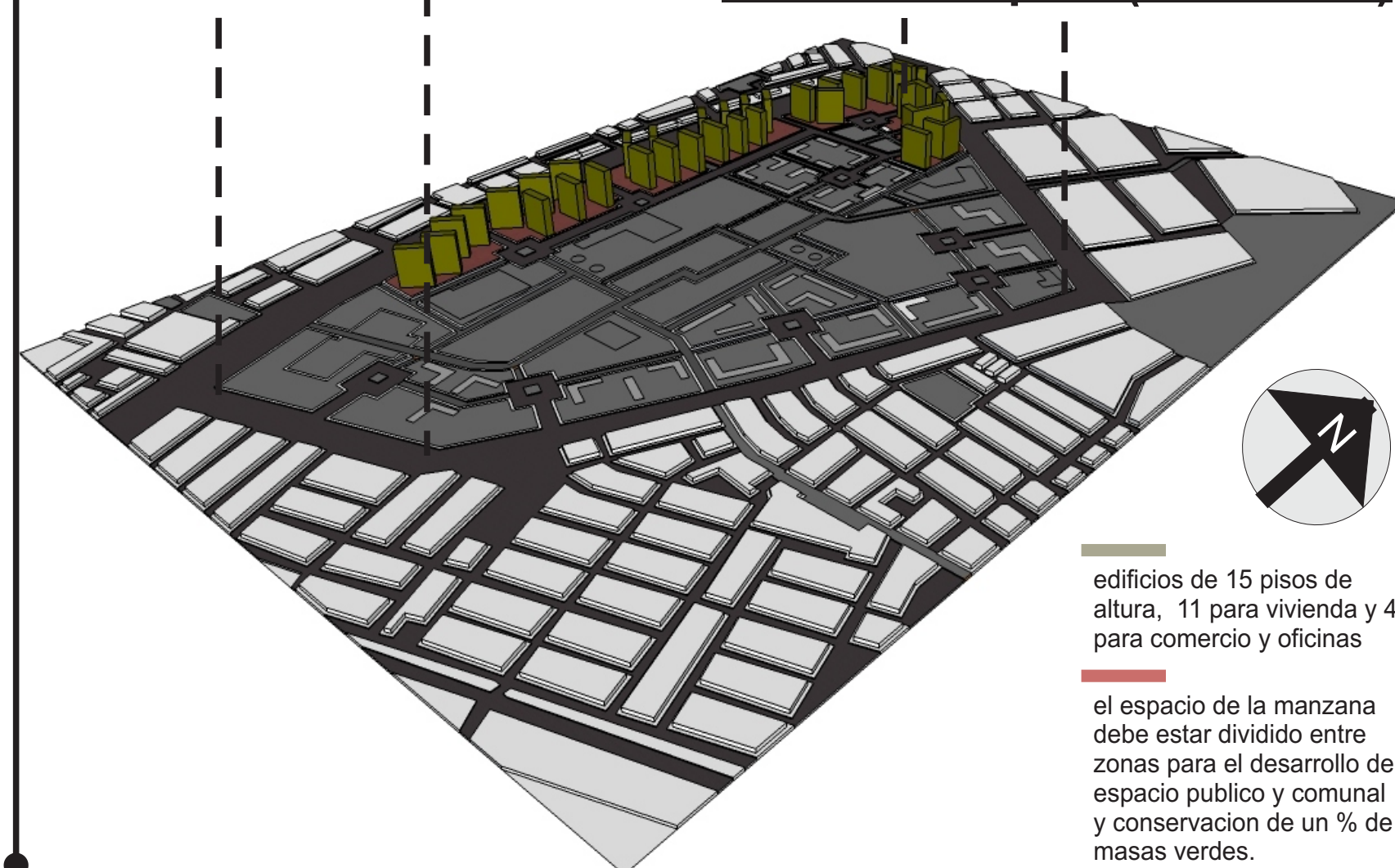
#### manzanas tipo 1 (uso mixto)



edificios de 10 pisos de altura, 8 para vivienda y dos para comercio

el espacio de la manzana debe estar dividido entre zonas para el desarrollo de espacio publico y comunal y conservación de un % de masas verdes.

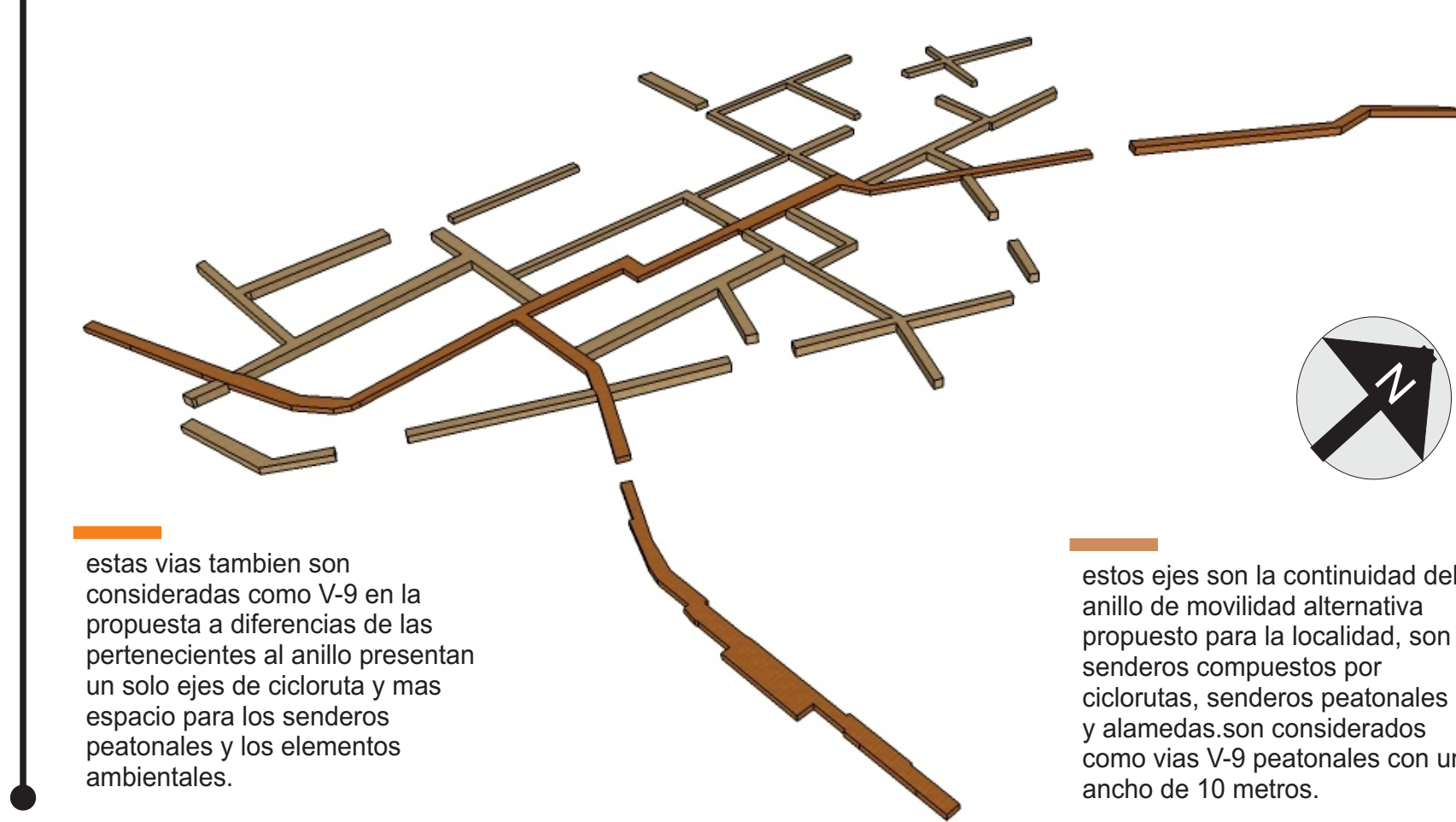
#### manzanas tipo 2 (uso mixto)



edificios de 15 pisos de altura, 11 para vivienda y 4 para comercio y oficinas

el espacio de la manzana debe estar dividido entre zonas para el desarrollo de espacio publico y comunal y conservación de un % de masas verdes.

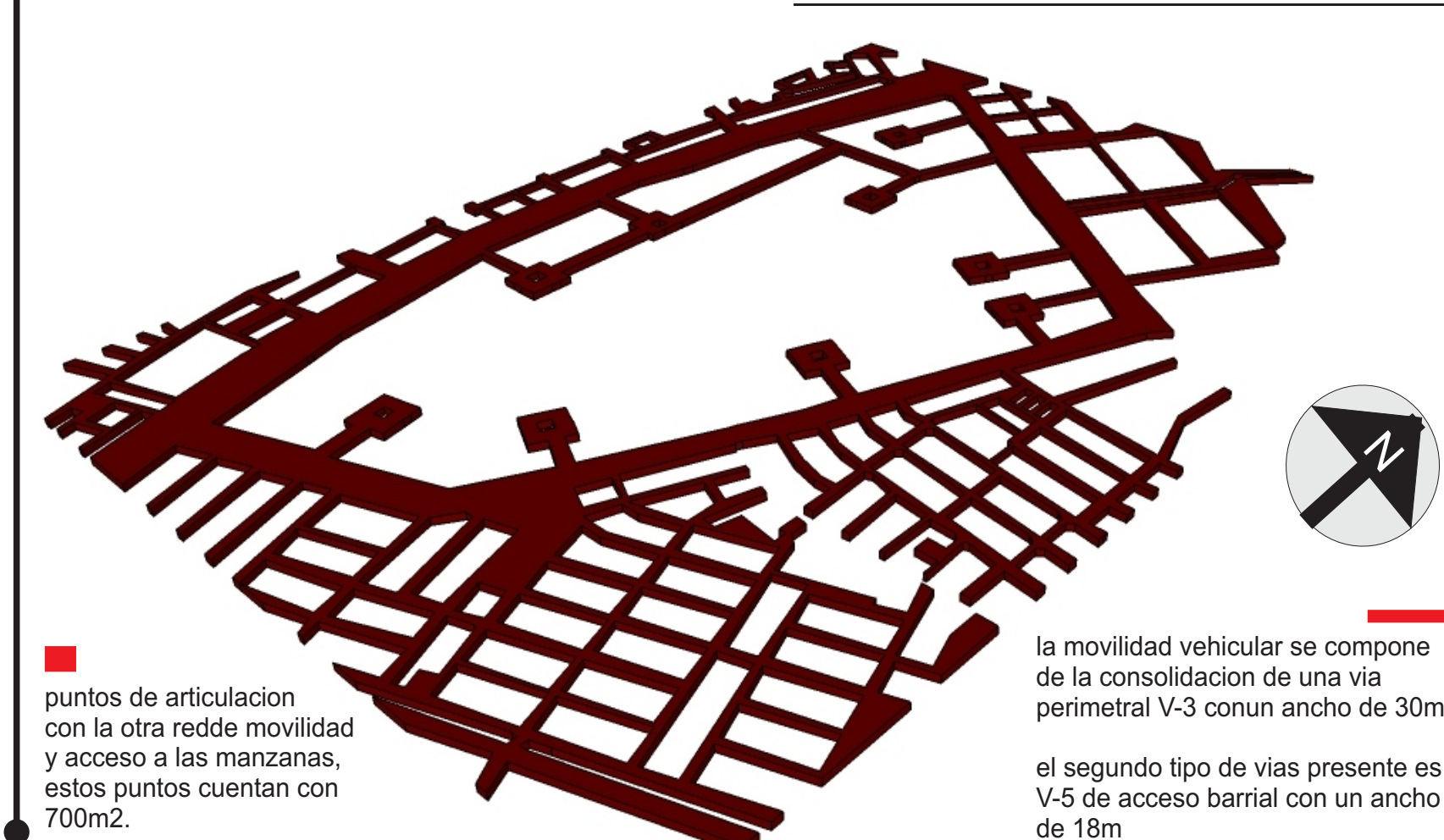
#### red de movilidad alternativa



estas vias tambien son consideradas como V-9 en la propuesta a diferencias de las pertenecientes al anillo presentan un solo ejes de cicloruta y mas espacio para los senderos peatonales y los elementos ambientales.

estos ejes son la continuidad del anillo de movilidad alternativa propuesto para la localidad, son senderos compuestos por ciclorutas, senderos peatonales y alamedas,son considerados como vias V-9 peatonales con un ancho de 10 metros.

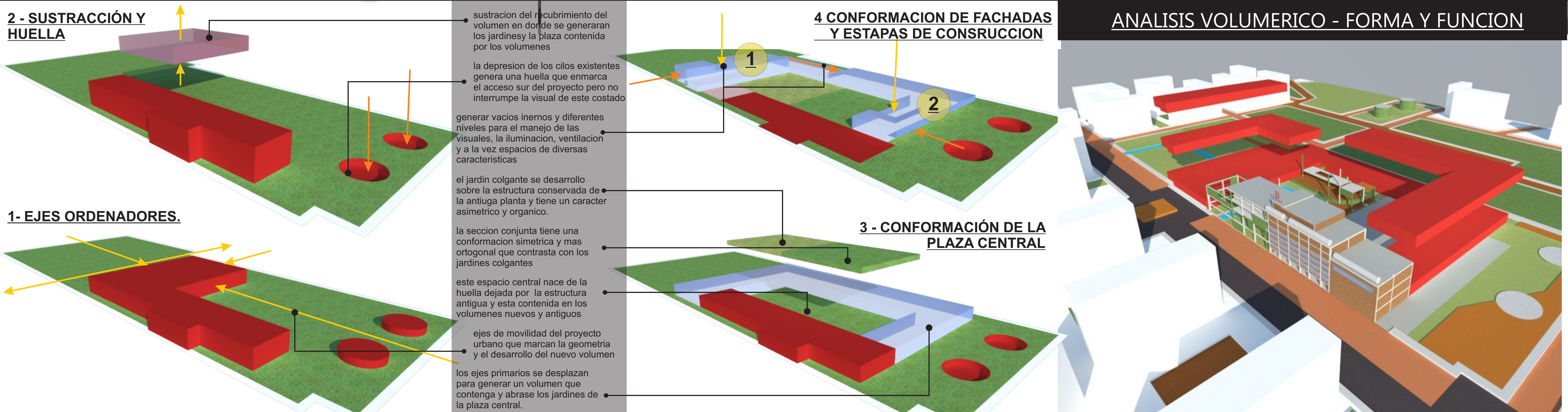
#### red de movilidad vehicular



puntos de articulacion con la otra redde movilidad y acceso a las manzanas, estos puntos cuentan con 700m2.

la movilidad vehicular se compone de la consolidación de una via perimetral V-3 conun ancho de 30m. el segundo tipo de vias presente es V-5 de acceso barrial con un ancho de 18m



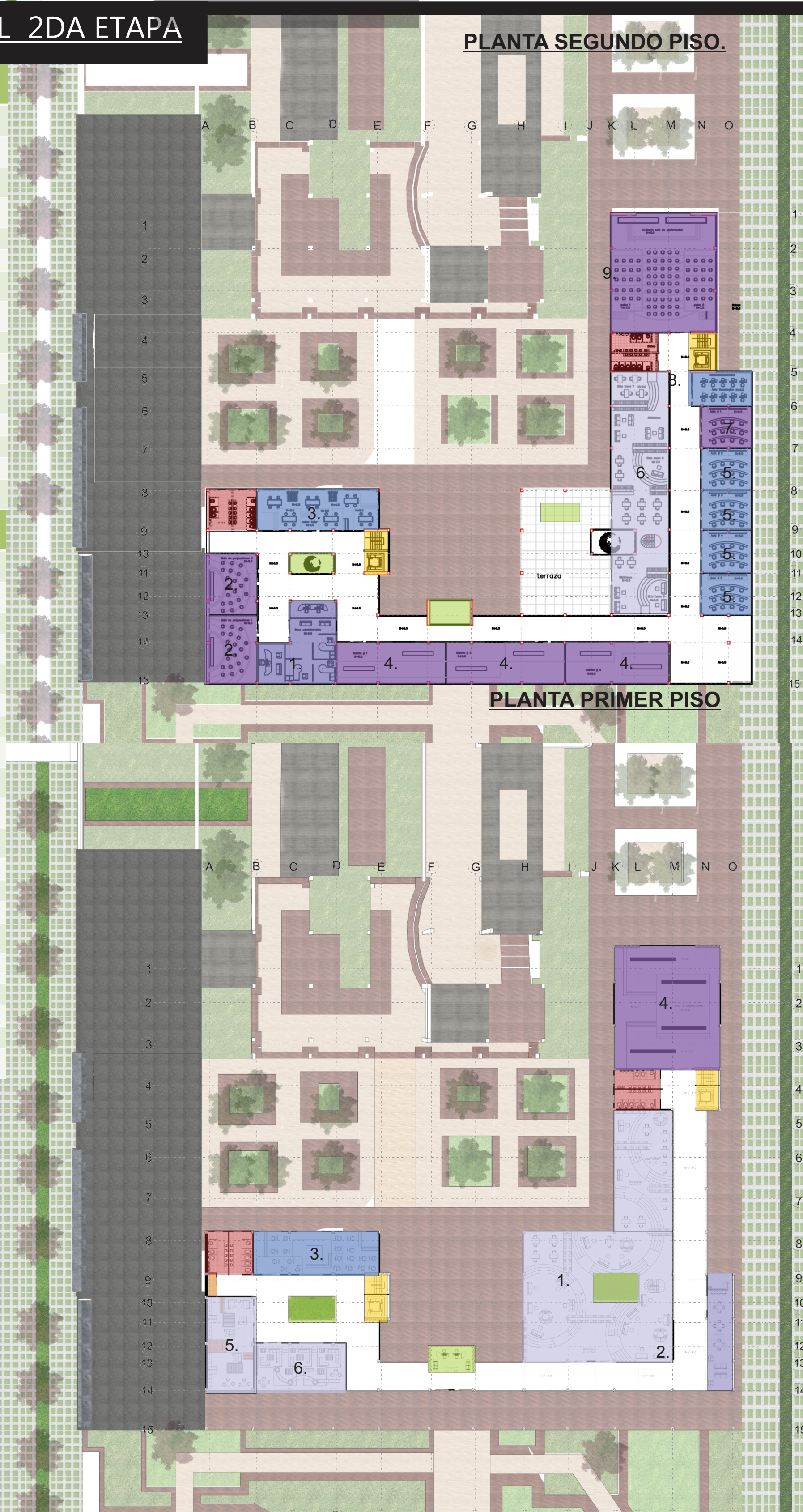


### ANÁLISIS VOLUMÉTRICO - ESPACIAL 2DA ETAPA

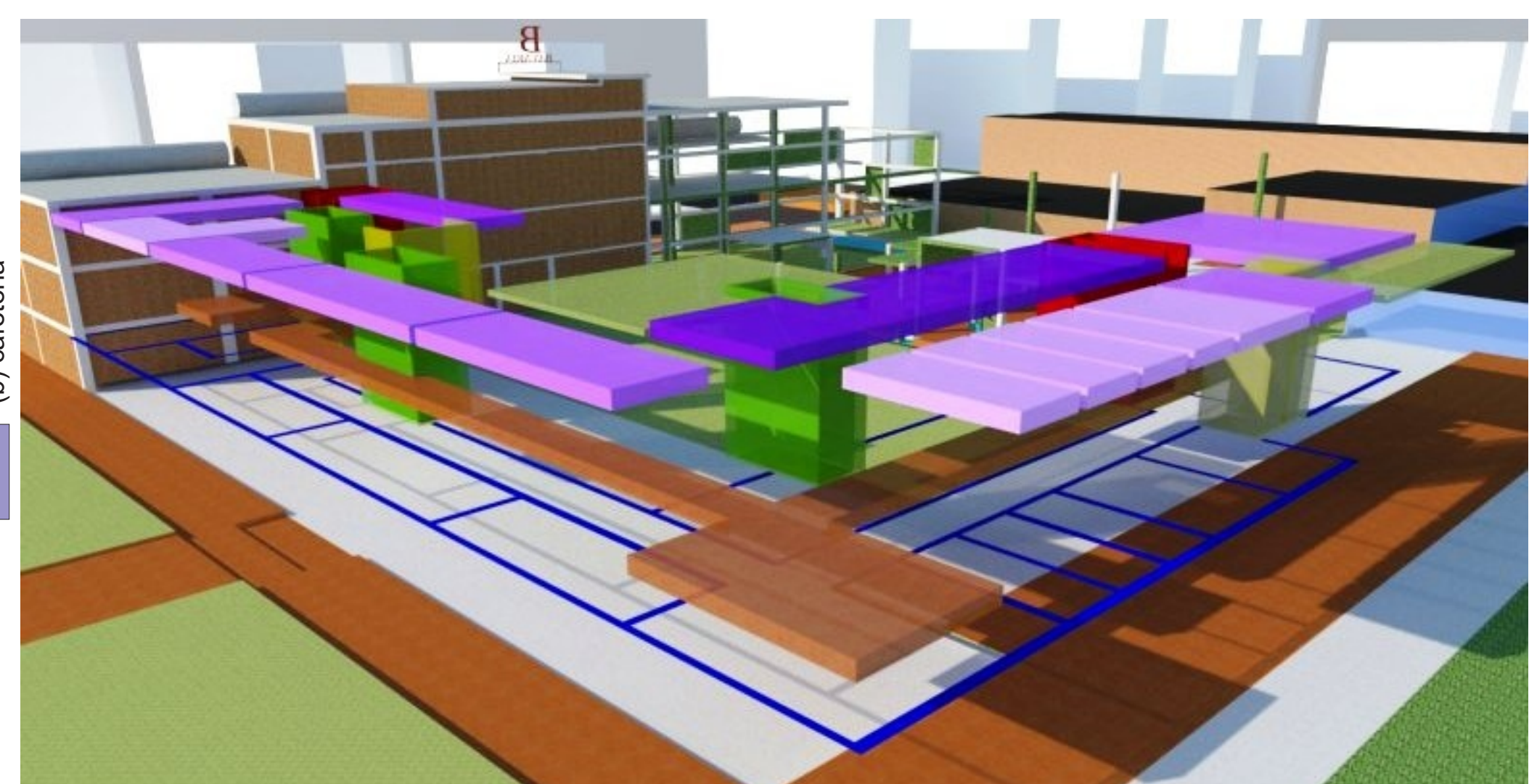
Programa arquitectónico escenario de integración socio cultural de las centralidades en Kennedy.									
Zona	Sector	Cód.	Espacio	Zonificación	Capacidad	Área m <sup>2</sup>	N°	Sub total m <sup>2</sup>	Área x hab m <sup>2</sup> .
Centro cultural etapa I – Primer piso.	Espacios consulta	A-1	Biblioteca	publico	180	743.16	1	743.16	4.1
	Espacios consulta	A-2	Sala de lectura	Publico	40	125	1	125	3.1
	Espacios consulta	A-3	Ludoteca	Publico	30	123.8	1	123.8	4.1
	Servicios	B-1	Cafetería	Publico	20	82.57	1	82.7	4.1
	Servicios	B-2	Baños	Publico	12	50.9	2	101.8	3.9
	Espacios pedagógicos	C-1	Sala de pintura	Semiprivado	35	147.16	1	147.16	4.2
	Espacios de exposiciones	E-1	sala de exposiciones	Semiprivado	80	383.3	1	383.3	4.7
	Punto control	F	Recepción	privado	8	29.8	1	29.8	3.7
	Circulación vertical		Punto fijo	publico	x	32.8	2	65.6	x
	Vacios internos		Vacios internos	privado	x	30	2	60	x
Total								1863 m <sup>2</sup>	
Circulación								33.9 %	958 m <sup>2</sup>
Área construida									2821 m <sup>2</sup>

Programa arquitectónico escenario de integración socio cultural de las centralidades en Kennedy.									
Zona	Sector	Cód.	Espacio	Zonificación	Capacidad	Área m <sup>2</sup>	N°	Sub total m <sup>2</sup>	Área x hab m <sup>2</sup> .
Centro cultural etapa I – segundo piso.	Espacios consulta	A-1	Biblioteca	publico	100	428	1	428	4.2
	Servicios	B-1	Baños	Publico	12	50.9	2	101.8	3.9
	Espacios pedagógicos	C-1	Aula tecnológica	semiprivado	20	58.52	1	58.52	2.9
	Espacios pedagógicos	C-2	Aulas	semiprivado	30	61.5	5	307.5	2
	Administración	D-1	oficinas	privado	4	17.4	3	52.2	4.3
	administración	D-2	Oficina admr.	privado	5	32.6	1	32.6	4.5
	Espacios de exposiciones	E-1	sala de proyecciones	Semiprivado	30	91.15	2	182.3	3
	Espacios de exposiciones	E-2	galerías	publico	60	131	3	393	4.3
	Espacios de exposiciones	E-3	Salon taller	semiprivado	35	147.16	1	147.16	4.2
	Espacios de exposiciones	E-4	auditorio	publico	100	383.3	1	383.3	3.8
Centro cultural etapa I – cubierta	Punto control	F	Recepción	privado	6	26.5	1	26.5	4.3
	Zona comunal		Balcon	semiprivado	x	177.2	1	177.2	x
	Zona comunal		terrazza	Publico	x	346	1	346	x
	Circulación vertical		Punto fijo	publico	x	32.8	2	65.6	x
	Vacios internos		Vacios internos	privado	x	30	2	60	x
	Total							2761	
	Circulación							30 %	1205
	Área construida								3966

Programa arquitectónico escenario de integración socio cultural de las centralidades en Kennedy.									
Zona	Sector	Cód.	Espacio	Zonificación	Capacidad	Área m <sup>2</sup>	N°	Sub total m <sup>2</sup>	Área x hab m <sup>2</sup> .
Centro cultural etapa I – cubierta	Circulaciones En cubierta	Z-1	Sendero de circulación	publico	x	497	1	497	x
	Zonas de permanencia	Z-2	plazoletas	Publico	50	263	1	263	5
	Jardines y Zonas verdes	Z-3	Cubierta Ajardinada	Publico	x	1638	1	1638	x
	Tratamiento De cubierta	Z-4	Cubierta en madera	publico	x	1044	1	1044	x
	Total							3442 m <sup>2</sup>	
	Circulación							14 %	497 m <sup>2</sup>
	Área construida								3442 m <sup>2</sup>



### SEGUNDO PISO



#### segundo piso

- 1. administración (d)
- 2 salas de proyecciones (e)
- 3 sala de pintura (c)
- 4 galerías abiertas x3 (e)
- 5 aulas x4 (c)
- 6 biblioteca (a)
- 7 salon multiuso (e)
- 8 aula tecnologica (c)
- 9 sala de conferencias (c)

#### segundo piso

- espacios comunales
- 1 terraza
  - 2 balcon
  - permanencia que conecta los ejes de circulación
  - vacios internos para el manejo de la iluminación y las visuales internas

#### segundo piso

- untos circulación vertical compuestos por una un tramo de escaleras para construcciones institucionales y un ascensor.

### PRIMER PISO



#### primer piso

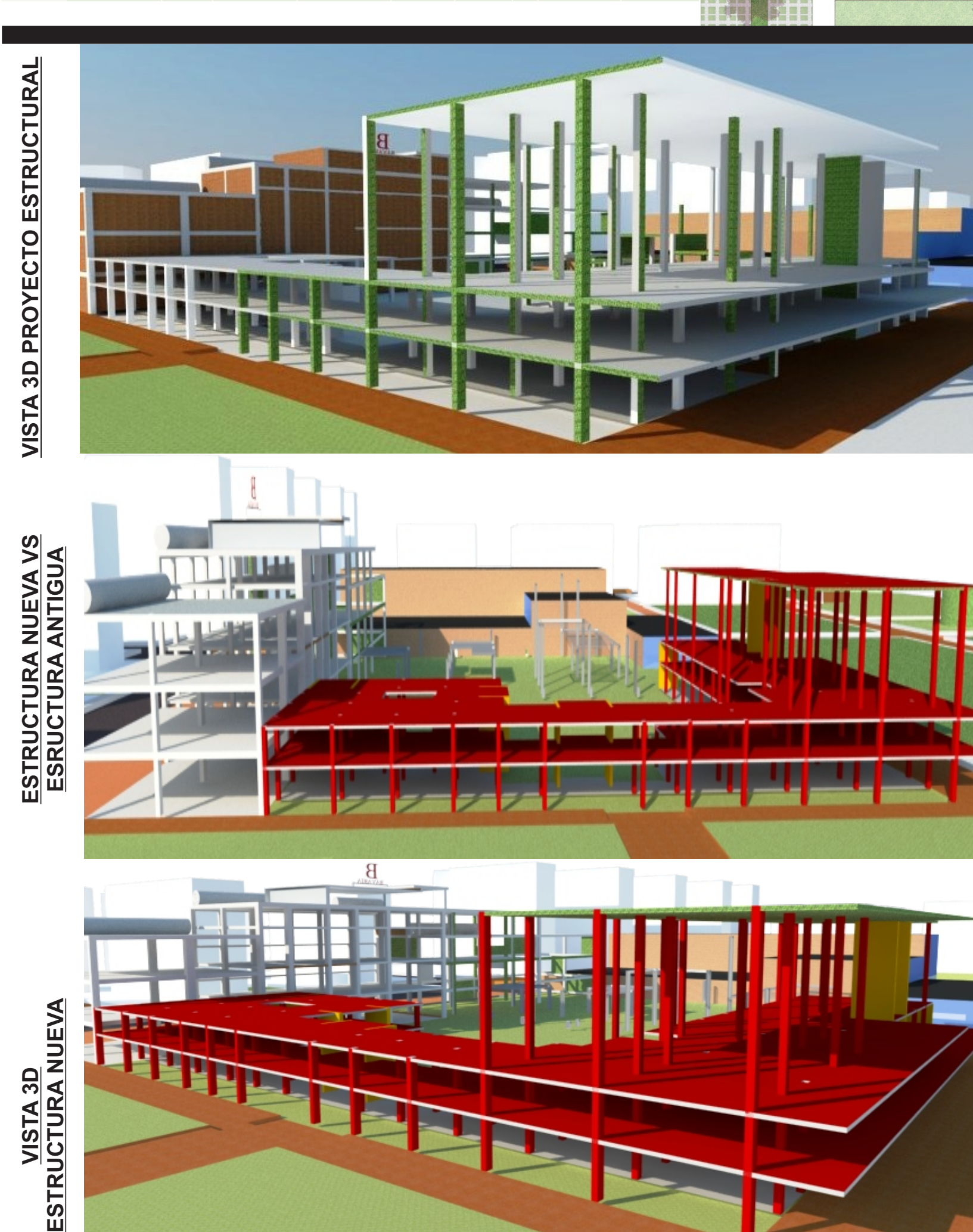
- 1.biblioteca (a)
- 2 cafetería (b)
- 3 salon taller (c)
- 4 sala de exposiciones (e)
- 5 sala de lectura (a)
- 6 ludoteca (a)

#### primer piso

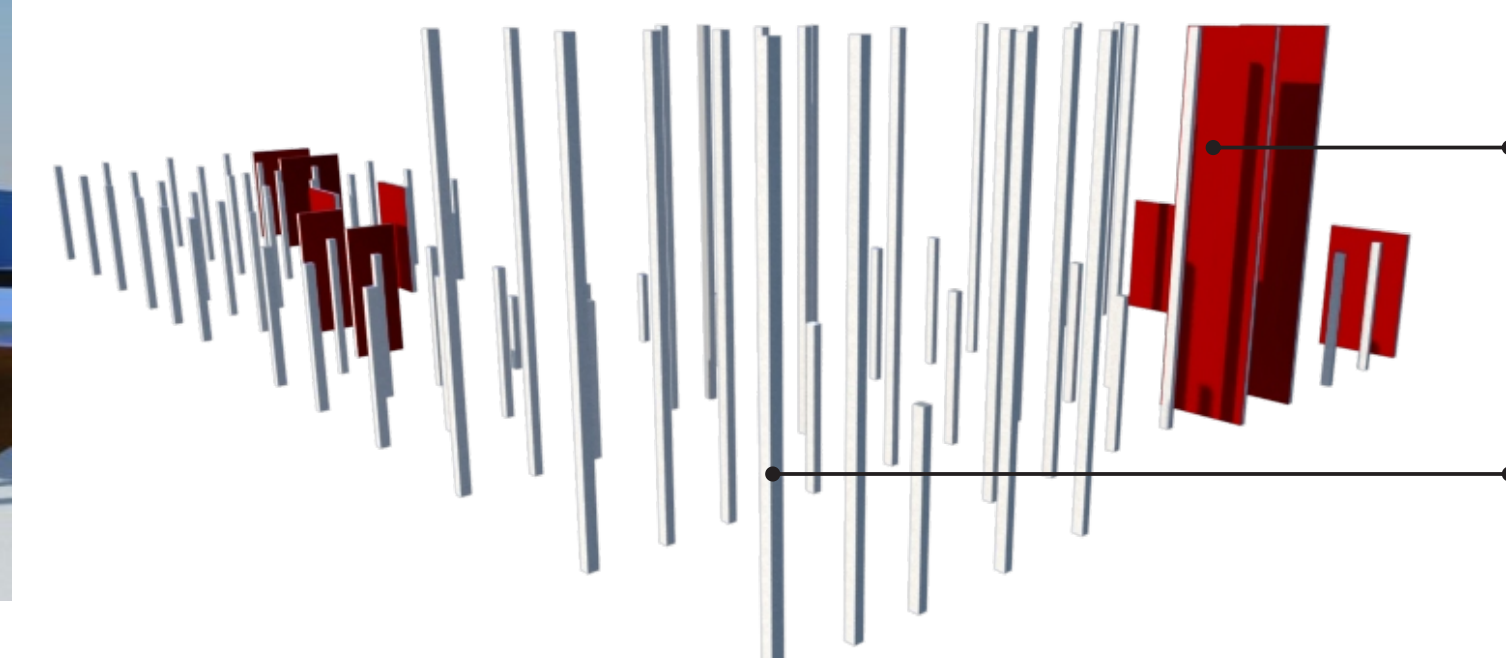
- 1 la permanencia ubicada en el cruce de los ejes de circulación y el vacío interno que conecta con el jardín interior del proyecto.
- vacios internos para el manejo de la iluminación y las visuales internas

#### primer piso

- untos circulación vertical compuestos por una un tramo de escaleras para construcciones institucionales y un ascensor.
- en el vacío del medio en el primer piso se encuentra el punto de control y recepción.

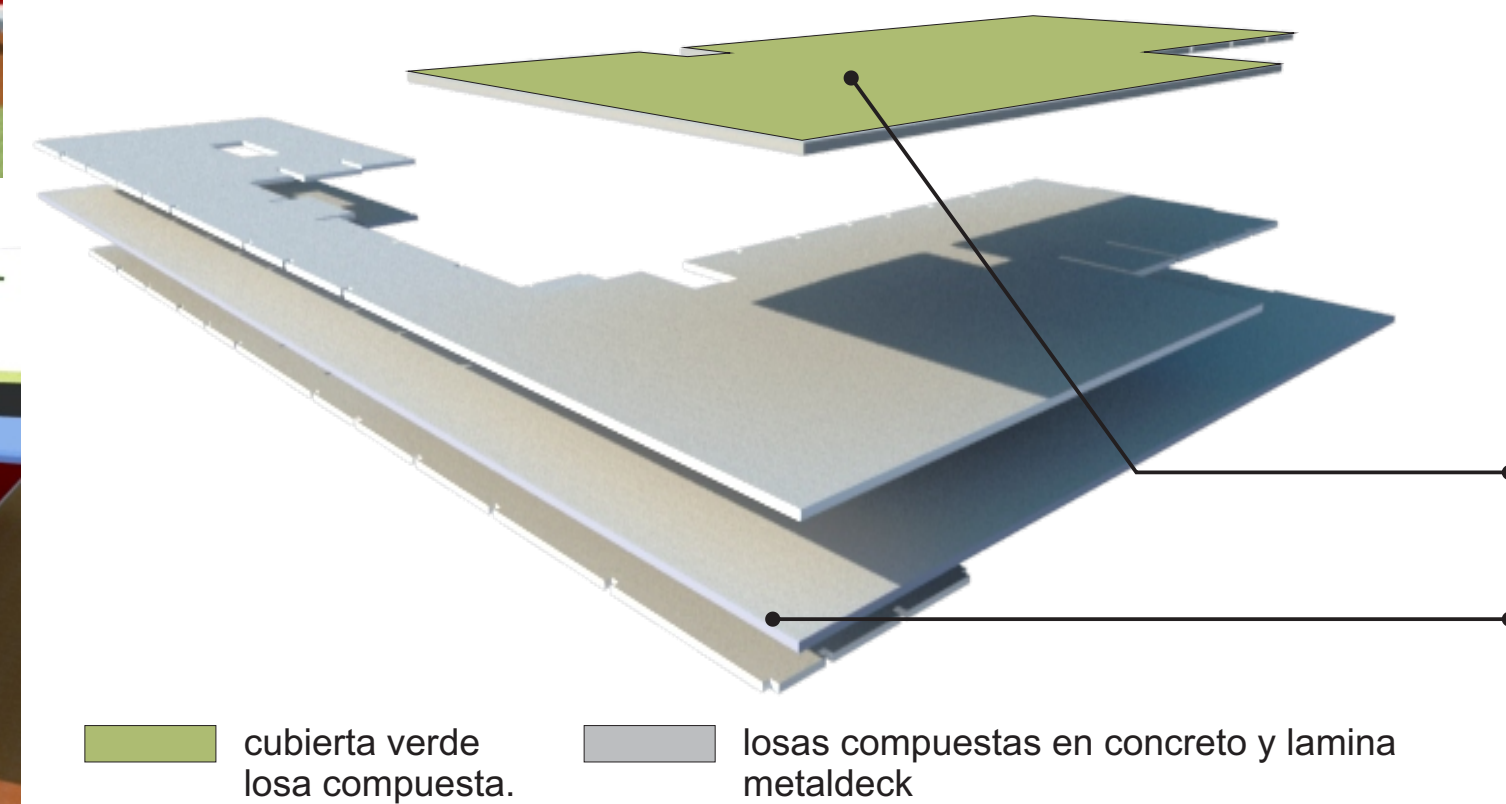


### ESTRUCTURA VERTICAL (COLUMNAS COMPUESTAS - PERFIL IPE + CONCRETO)



- muros pantalla en concreto reforzado
- columnas compuestas en concreto y perfiles metalicos ipe.

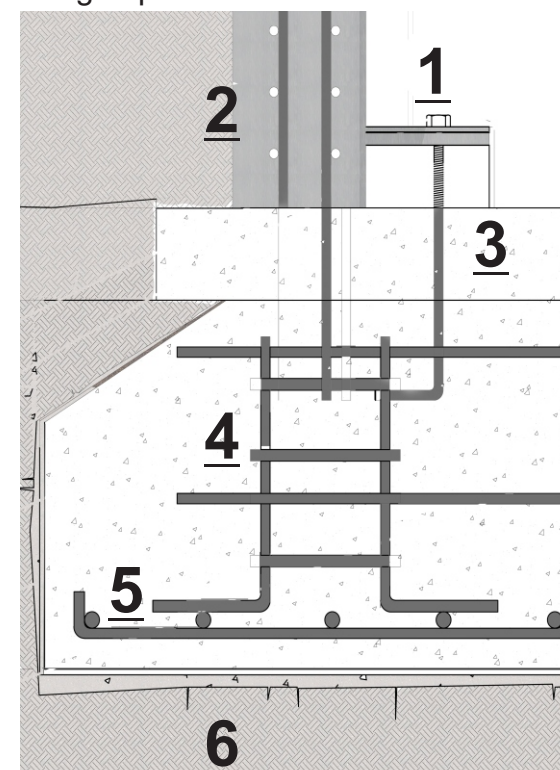
### LOSAS COMPUESTAS ( LAMINA METALDECK + CONCRETO )



### PLANTA DE CIMENTACION ESC: 1/200

muros pantalla presentes en los puntos fijos y en el costado norte del volumen permiten trabajar mayores distancias entre apoyos. los muros son en concreto reforzado y acabados en diferentes en vegetacion colgante.

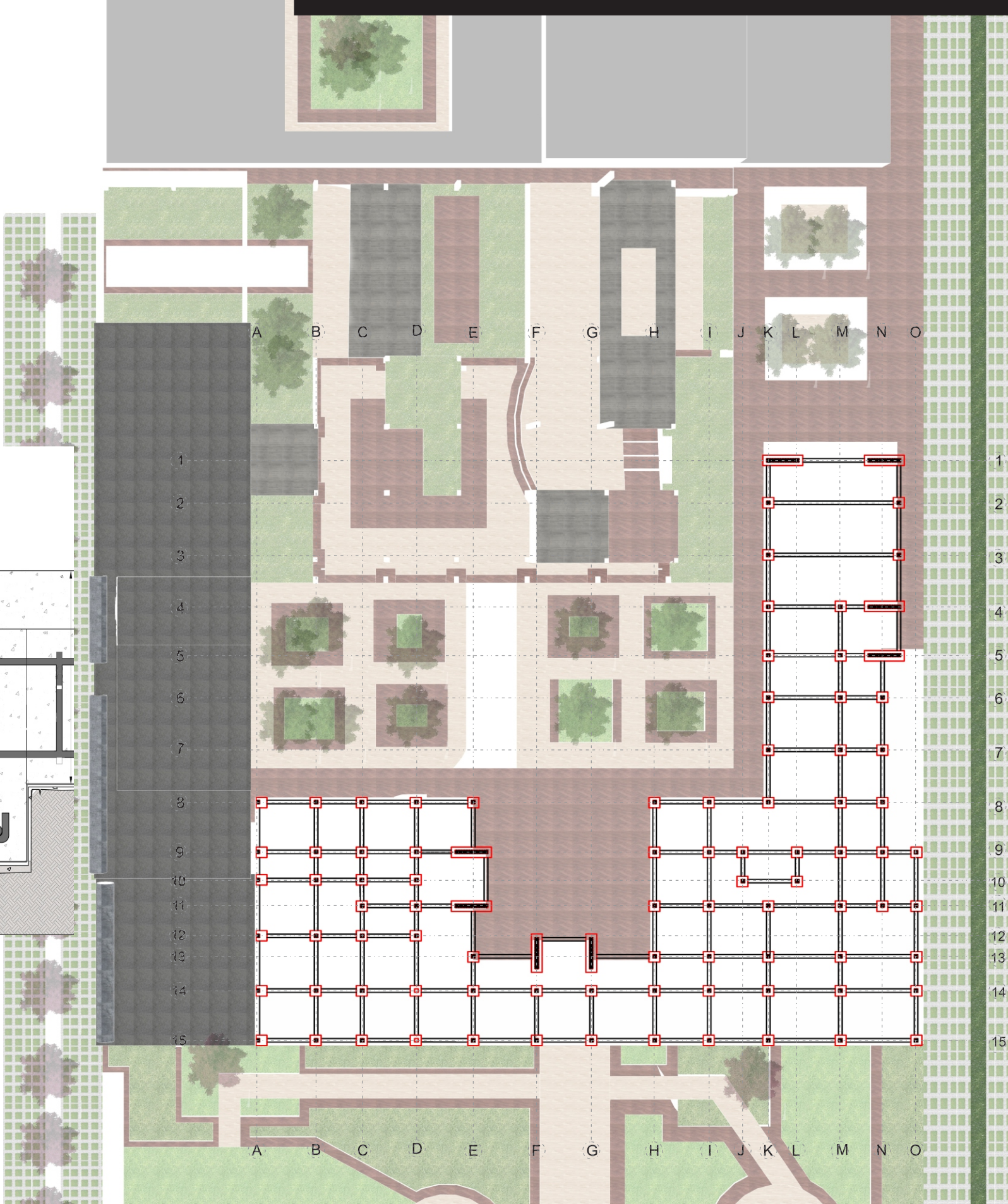
las columnas seran una estructura compuesta entre perfiles IPE de 30 y concreto como acabado final, esta combinación permite trabajar mayores distancias entre apoyos, una menor area en la cimentacion y la continuidad en la visual con el elemento conservado de la antigua planta de bavaria.



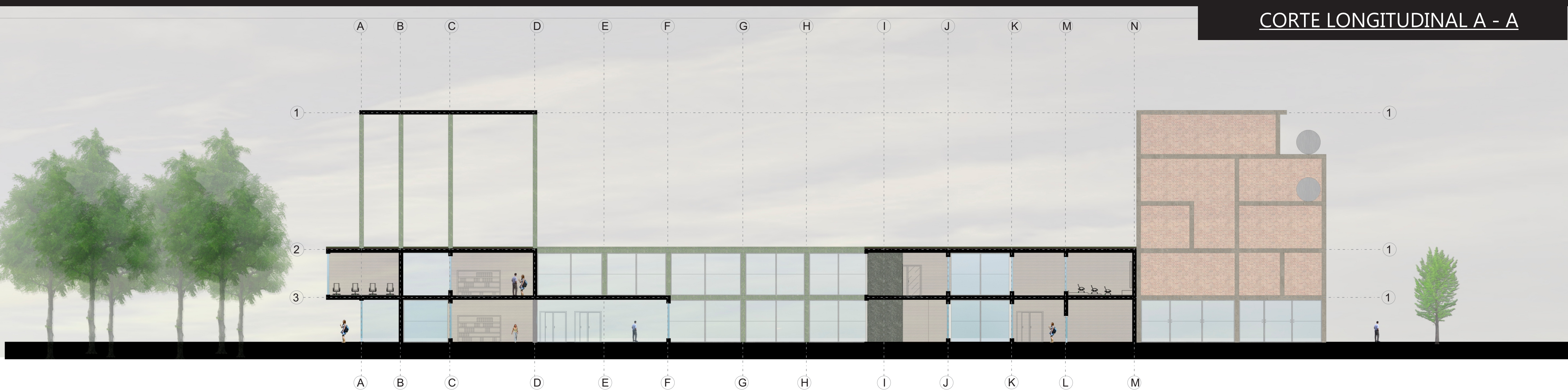
la losa de cubierta tambien sera una estrutura mixta, con un grosor mayor debido al tratamiento y composicion caracteristica de una cubierta verde

las losas de entrepiso estaran compuestas por una lamina metaldeck y recubrimiento en concreto, ademas de disminuir el espesor de la losa se disminuyen costos en encofrado e instalaciones

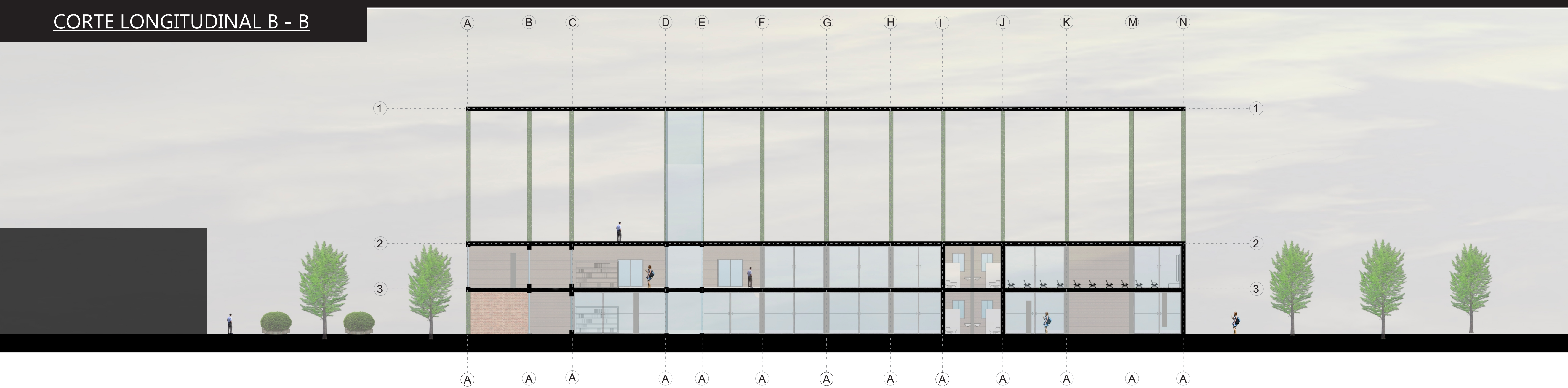
### ANÁLISIS ESTRUCTURAL







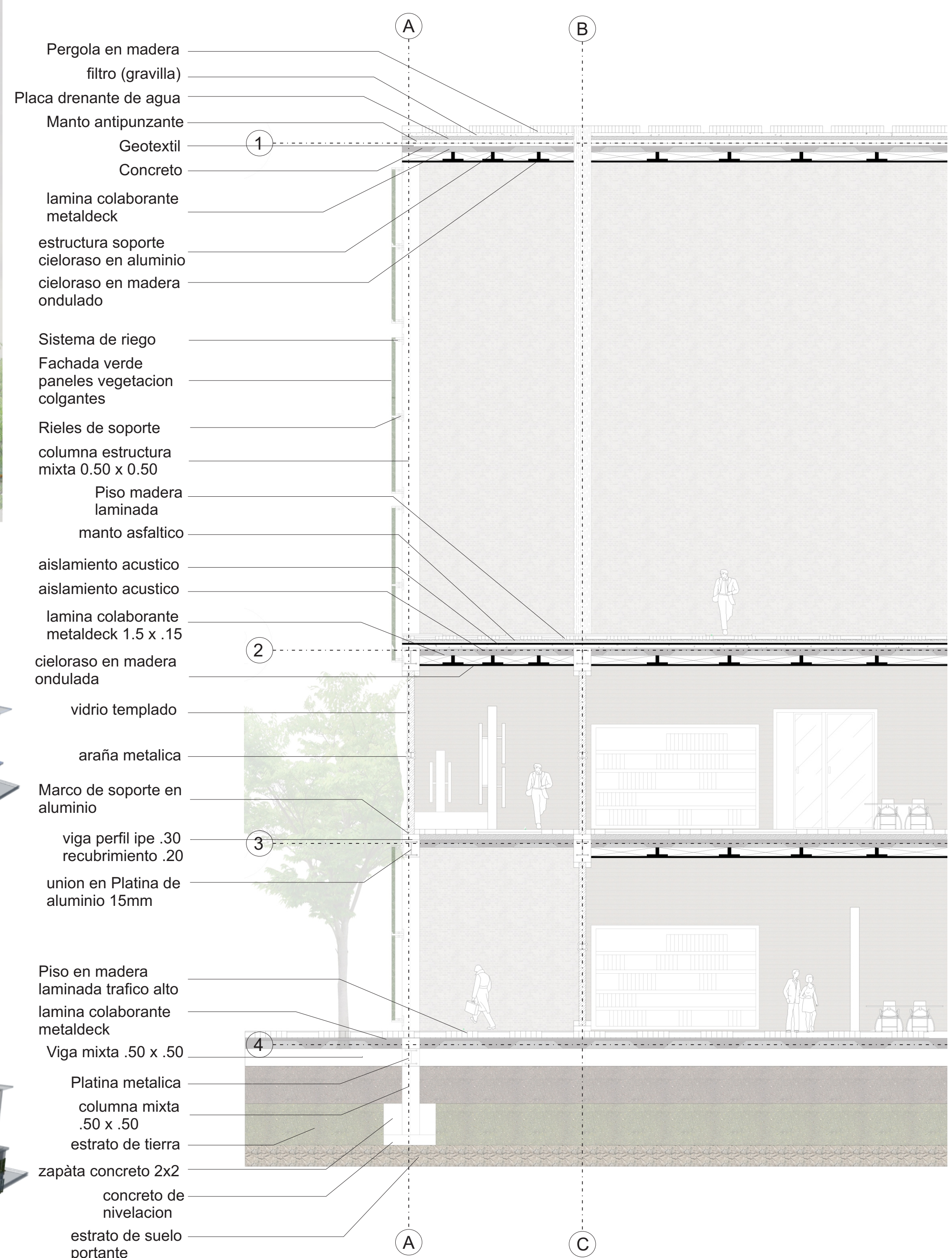
CORTE LONGITUDINAL A - A



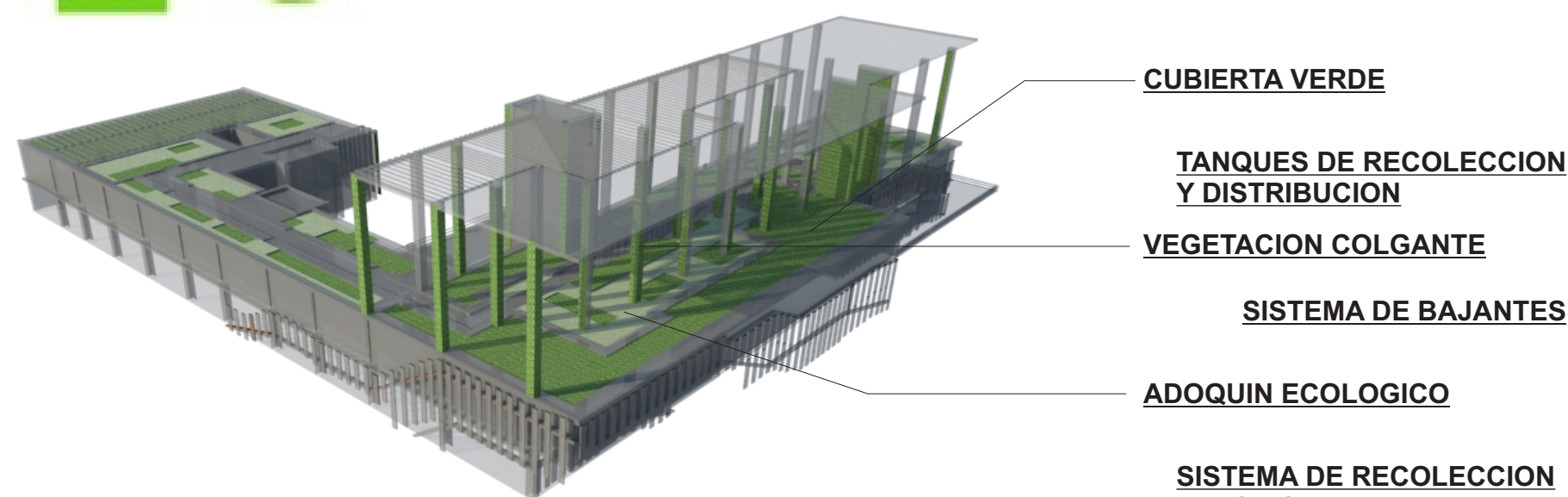
CORTE LONGITUDINAL B - B



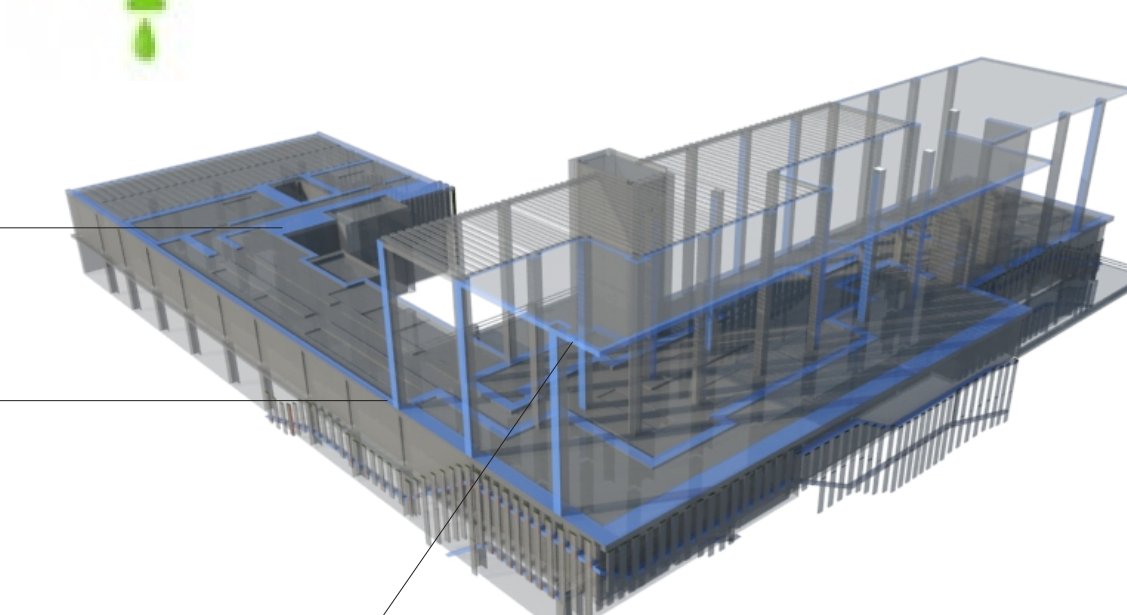
CORTE POR FACHADA



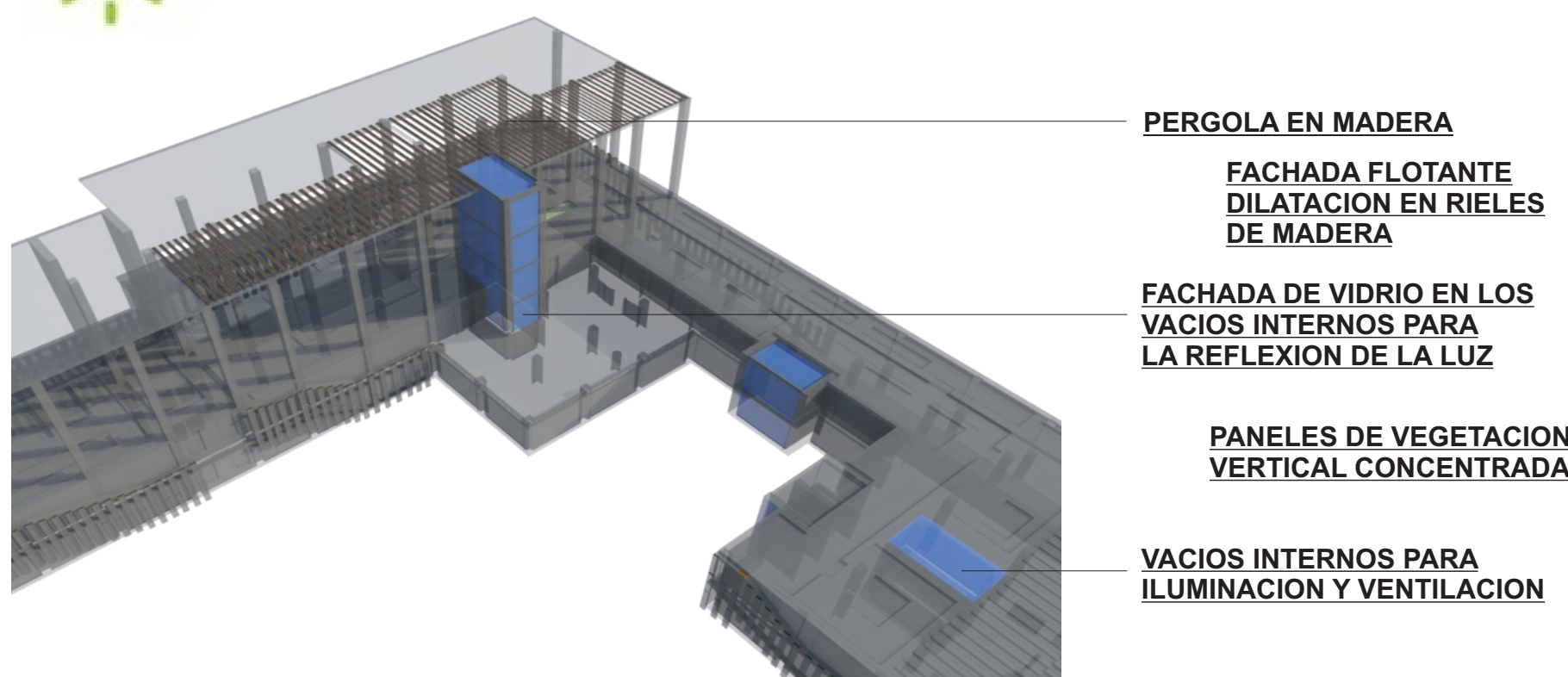
### CUBIERTA VERDE



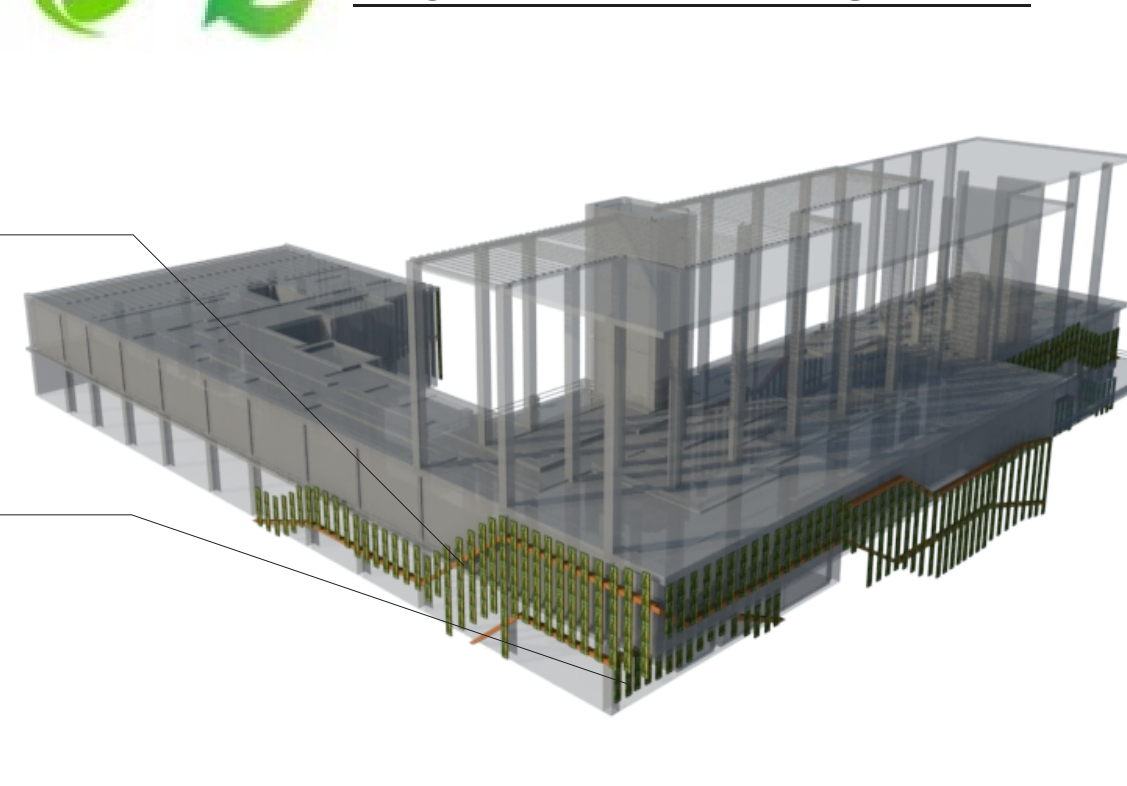
### MANEJO DE AGUAS LLUVIAS



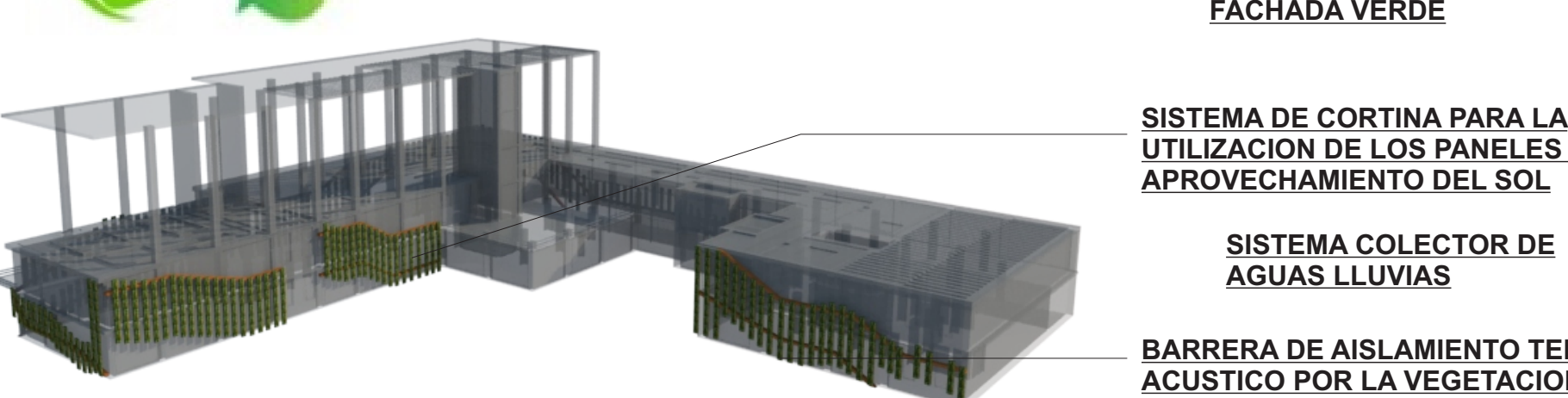
### ILUMINACION Y MANEJO DE LUZ NATURAL



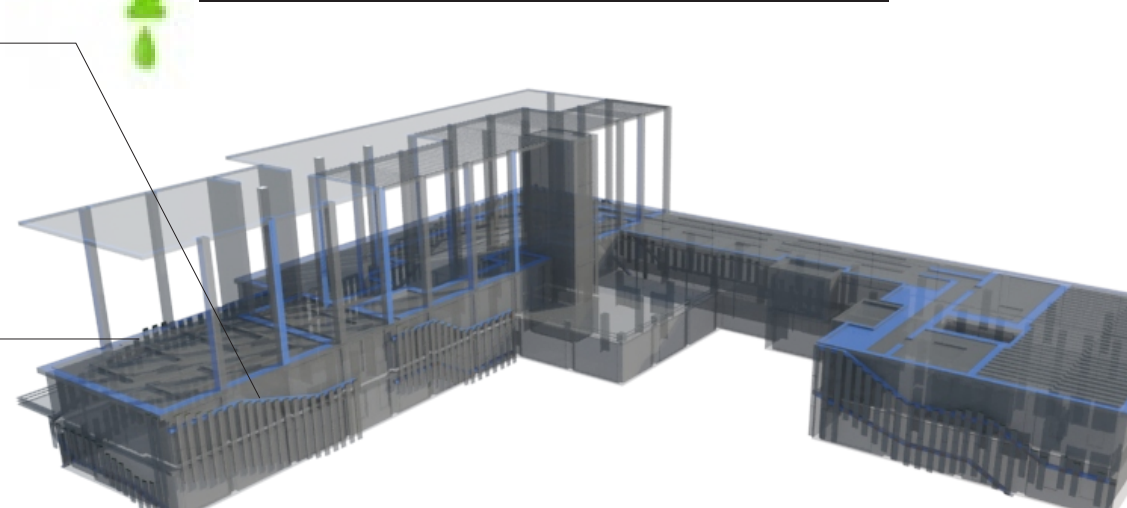
### FACHADA VERDE FLOTANTE



### FACHADA VERDE FLOTANTE



### MANEJO DE AGUAS LLUVIAS



- DISMINUCION DE LA TEMPERATURA DEL EDIFICIO

- MANEJO DE LA ASOLEACION CON UN SISTEMA DE CORTINAS VERDES.

- VACIOS QUE POR MEDIO DE LA REFLEXION INTERNA DE LA LUZ ILUMINA LOS DIFERENTES ESPACIOS.

- DISMINUCION EFECTO ISLA DE CALOR

- DISMINUCION DEL IMPACTO AMBIENTAL

- REUTILIZACION DE LAS AGUAS LLUVIAS EN EL SISTEMA DE RIEGO DE LAS FACHADAS VERDES

- DISMINUCION DEL CONSUMO DE AGUA

- EFECTO CHIMENEA

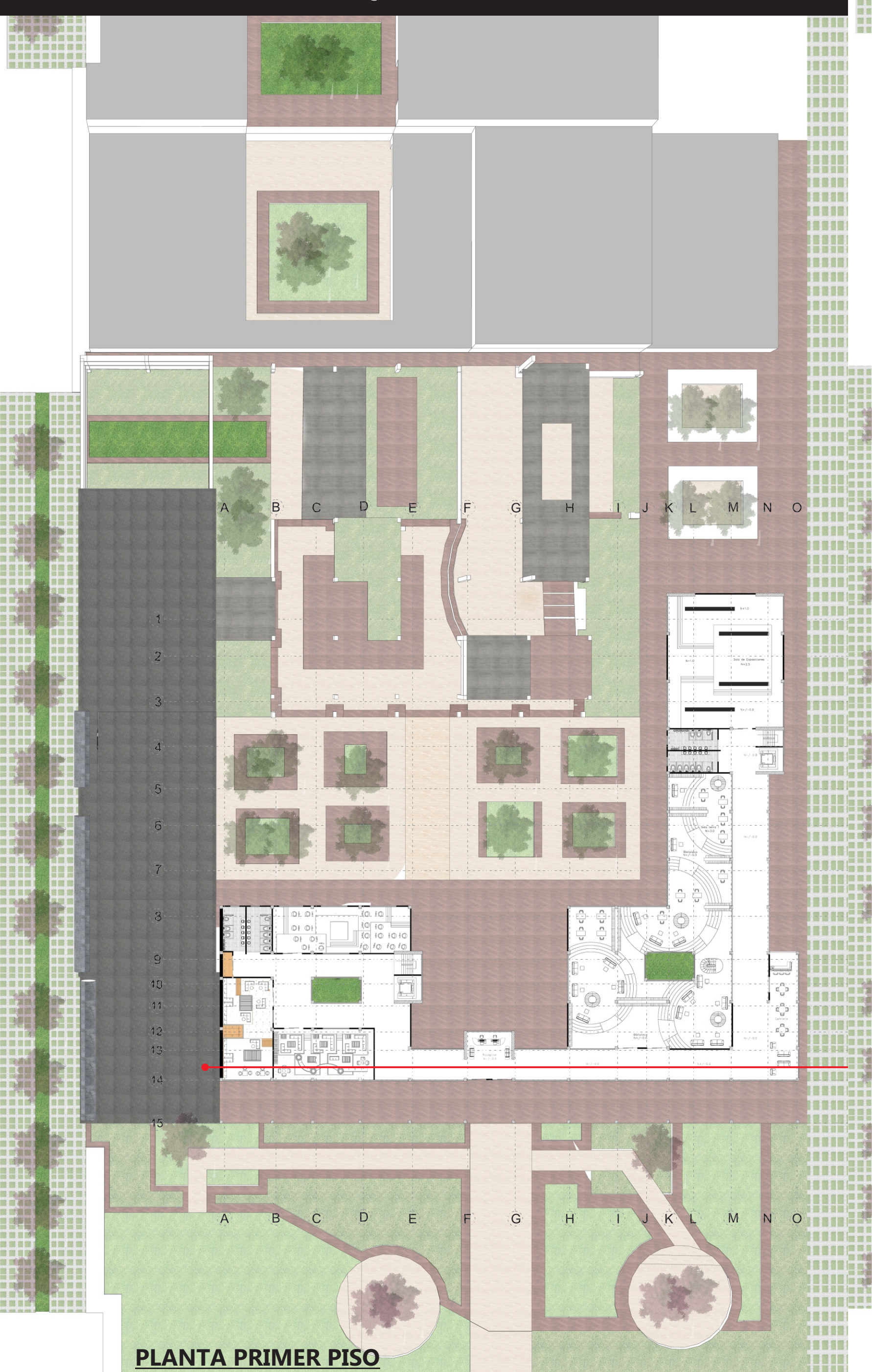
- RECIRCULACION DEL AIRE

- AGRICULTURA COMO ALTERNATIVA DE PRODUCTIVIDAD.

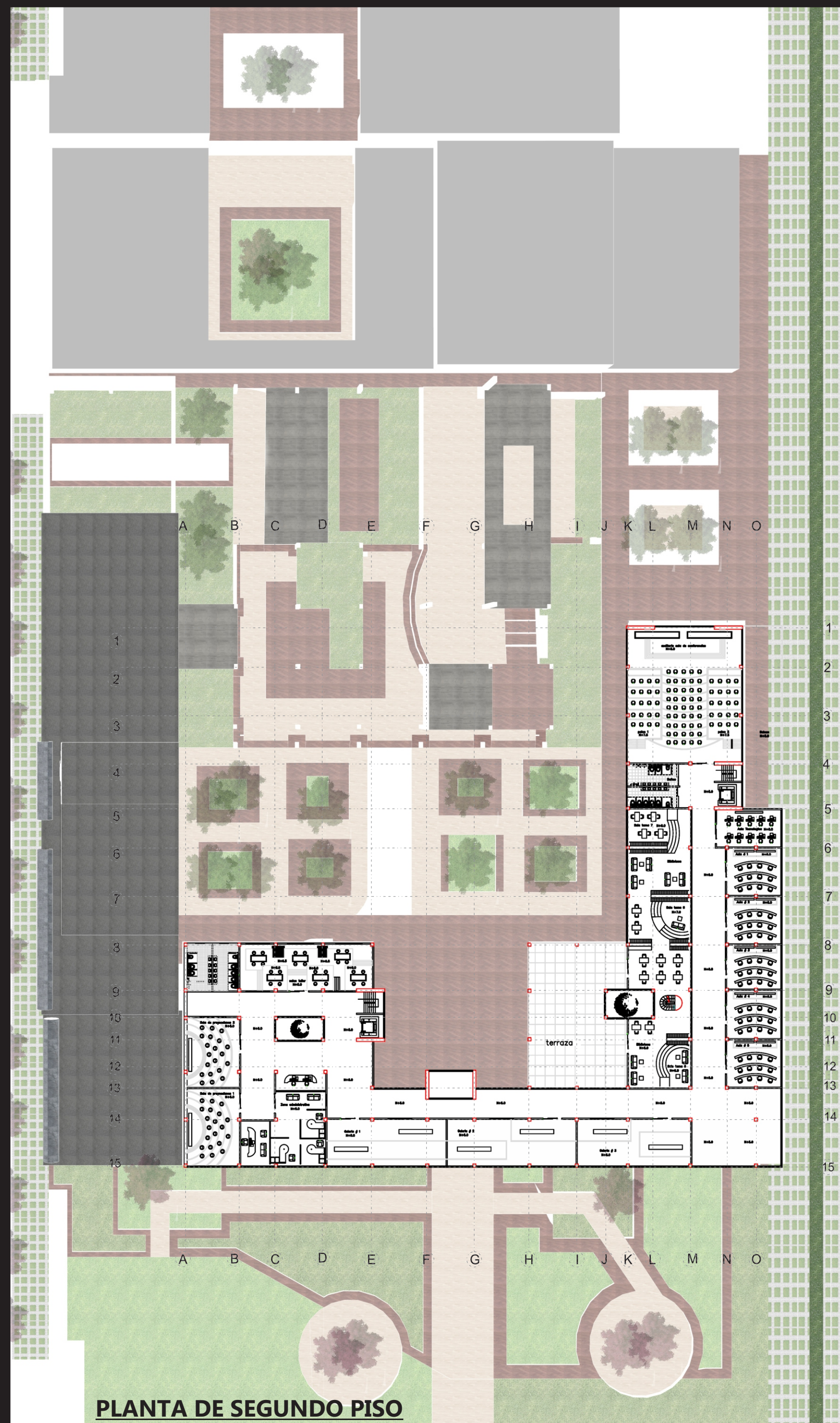
- ALTERNATIVA DE AGRICULTURA VERTICAL



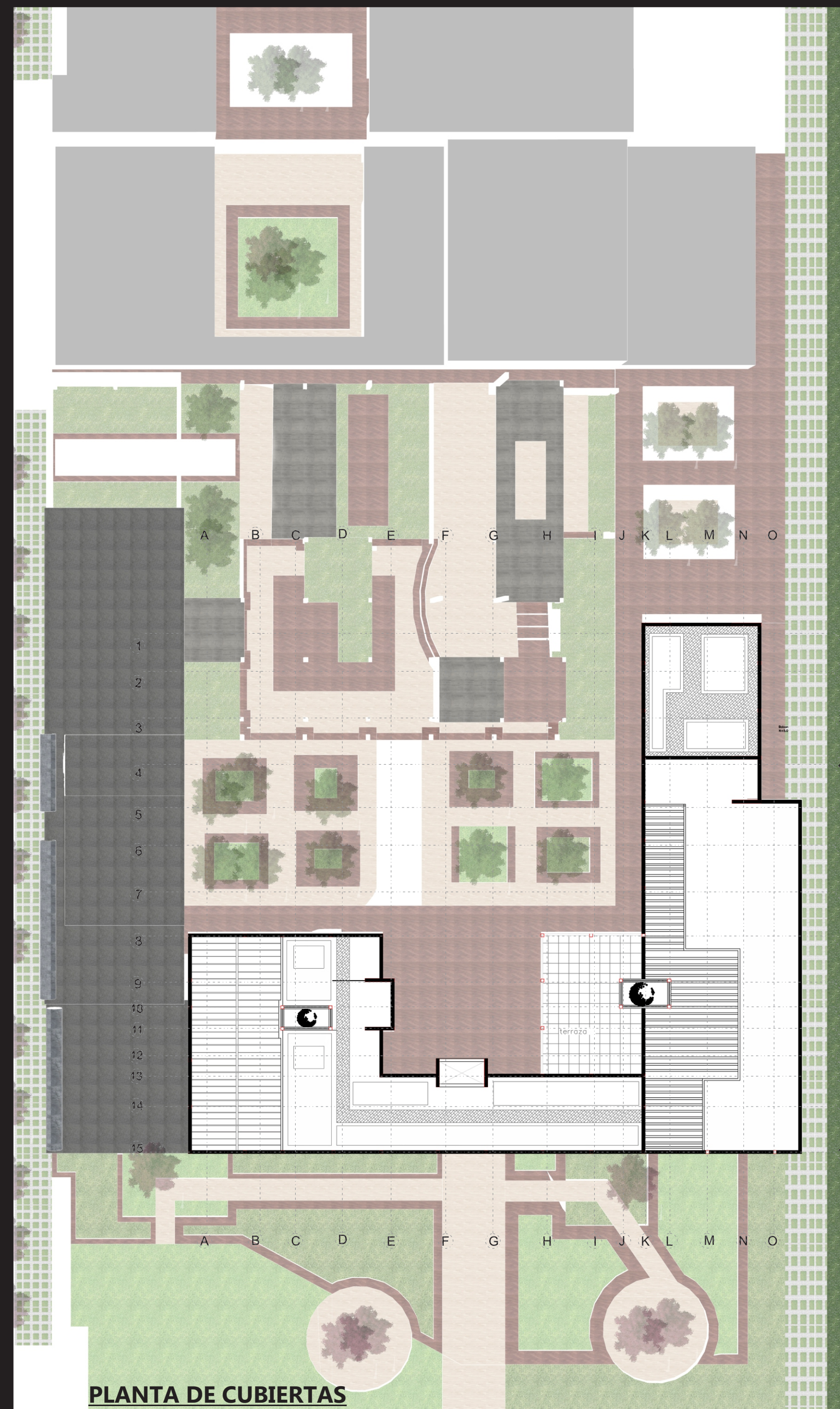
### PLANTAS ARQUITECTONICAS - 1:200



PLANTA PRIMER PISO

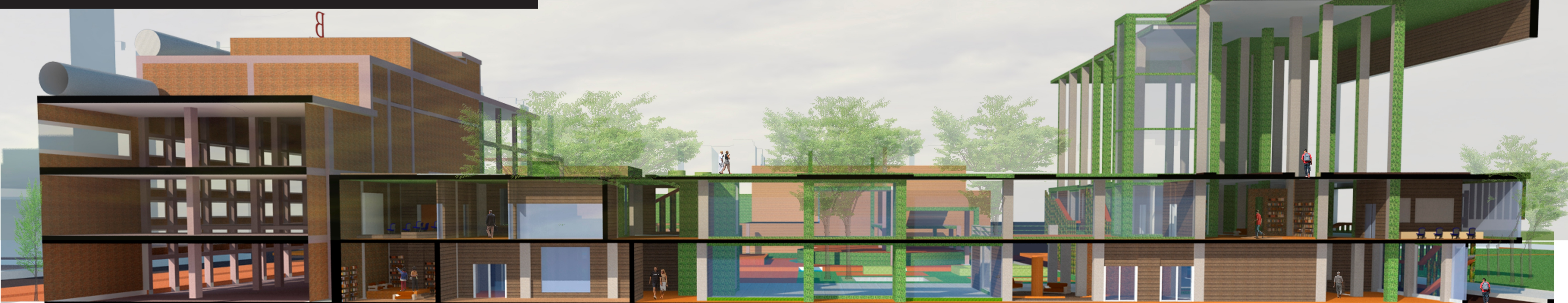


PLANTA DE SEGUNDO PISO



PLANTA DE CUBIERTAS

### CORTE EN PERSPECTIVA C - C



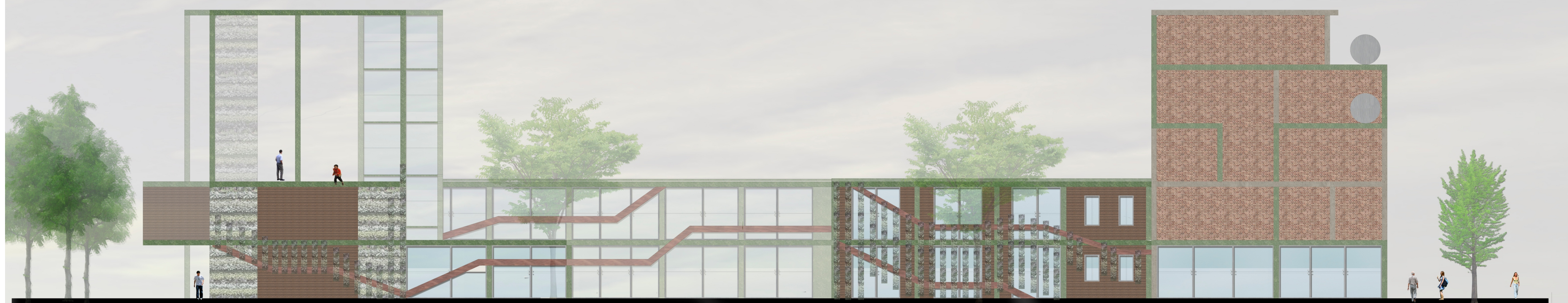
TIPO DE INTERVENCION	SITUACION PROBLEMA	PROYECTO	OBJETIVOS	ENTIDAD ENCARGADA	ESQUEMA DE GESTION DEL PROYECTO
RENOVACION URBANA DEL ESPACIO PUBLICO Y MOVILIDAD	DETERIORO EN LA MALLA VIAL Y CONGESTION EN EL SISTEMA DE MOVILIDAD	ANILLO DE MOVILIDAD ALTERNATIVA	CONECTAR LOS EJES PRINCIPALES DANDO PRIORIDAD A LA MOVILIDAD ALTERNATIVA	SECRETARIA DE MOVILIDAD + ALCALDIA LOCAL	<div>ESQUEMA DE GESTION DEL PROYECTO</div> <div>TIEMPO DE DESARROLLO</div> <div>inversion publica</div> <div>inversion privada</div> <div>inversion</div> <div>consolidacion de nodos urbanos</div> <div>trazado del anillo de movilidad</div> <div>gestion del lote de la planta</div> <div>trazado del nodo dotacional</div> <div>EJE FASES PREVIAS</div> <div>EJE AMBIENTAL</div> <div>EJE ESTRUCTURAL</div> <div>EJE POBLACION</div> <div>remocion de masas verdes</div> <div>consolidacion de nuevos centros verdes de manzana</div> <div>consolidacion malla vial</div> <div>creacion de equipamientos</div> <div>ejos movilidad alternativa</div> <div>vivienda en altura para</div> <div>CREACION DE EQUIPAMIENTOS</div> <div>CENTRO CULTURAL</div>
MEJORAMIENTO DEL ESPACIO Y CONSOLIDACION DE LAS POTENCIALIDADES	DESARTICULACION DE LOS EQUIPAMIENTOS DE LA LOCALIDAD Y LA DESINTEGRACION HACIA LAS CENTRALIDADES	NODOS DE INTEGRACION URBANA	CREAR NODOS URBANOS QUE INTEGREN LOS POTENCIALES DE LA LOCALIDAD Y LA PROYECTEN COMO UNA CENTRALIDAD.	ALCALDIA LOCAL + INVERSIONISTAS PRIVADOS (BAVARIA)	
IMPLANTACION DE VIVIENDA, SERVICIOS Y EQUIPAMIENTOS	REDENSIFICACION DE LA POBLACION EN ZONA Y LA LOCALIDAD	NODO DOTACIONAL BAVARIA	RENOVAR EL COMPLEJO DE LA PLANTA DE BAVARIA CON NUEVOS USOS QUE DINAMICEN Y DIVERSIFIQUEN LAS ACTIVIDADES	CONSTRUCTORA + ALCALDIA LOCAL + JAL	
REUBICACION Y CONSOLIDACION ELEMENTO AMBIENTAL	DETERIORO Y OBSOLECENCIA DE LAS MASAS VERDES EN EL COMPLEJO DE BAVARIA	CAMBIO E IMPLANTACION DE MASAS VERDES	RENOVAR LAS MASAS VERDES DEL COMPLEJO Y REUBICARLAS CONSERVANDO EL POTENCIAL AMBIENTAL PRESENTE.	CONSTRUCTORA + ALCALDIA LOCAL + JAL	
TRATAMIENTO DEL PATRIMONIO MUEBLE DE LA ZONA	REUTILIZACION DE UN ELEMENTO IMPORTANTE PARA LA MEMORIA DE LA LOCALIDAD Y LA CIUDAD.	REUTILIZACION DE LA ANTIQUA PLANTA	CONSERVAR EL EDIFICIO DE COCINAS DE LA ANTIGUA PLANTA QUE A SU VEZ ES EL MAS REPRESENTATIVO EN LA MEMORIA COLECTIVA	SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE	
IMPLANTACION DEL CENTRO CULTURAL	DEFICIT ESCENARIOS CULTURALES PROPIOS DE LA LOCALIDAD Y BAJO INDICE DE SERVICIOS EN LAS ZONA	CENTRO CULTURAL EK /CAB	IMPLANTAR Y DESARROLLAR LA PRIMERA ETAPA DEL CENTRO CULTURAL COMO PUNTO JERARQUICO DEL NODO DOTACIONAL.	ALCALDIA LOCAL + EMPRESA PRIVADA (BAVARIA)	

### VISTAS 3D DEL PROYECTO





### ANALISIS DE PIELES Y RECUBIMIENTO



PROYECCION LATERAL NORTE



MUROS ACABADOS EN VEGETACION COLGANTE



FACHADA EN LAMINAS DE VIDRIO TEMPLADO AL CALOR DE 1CM DE GROSOR



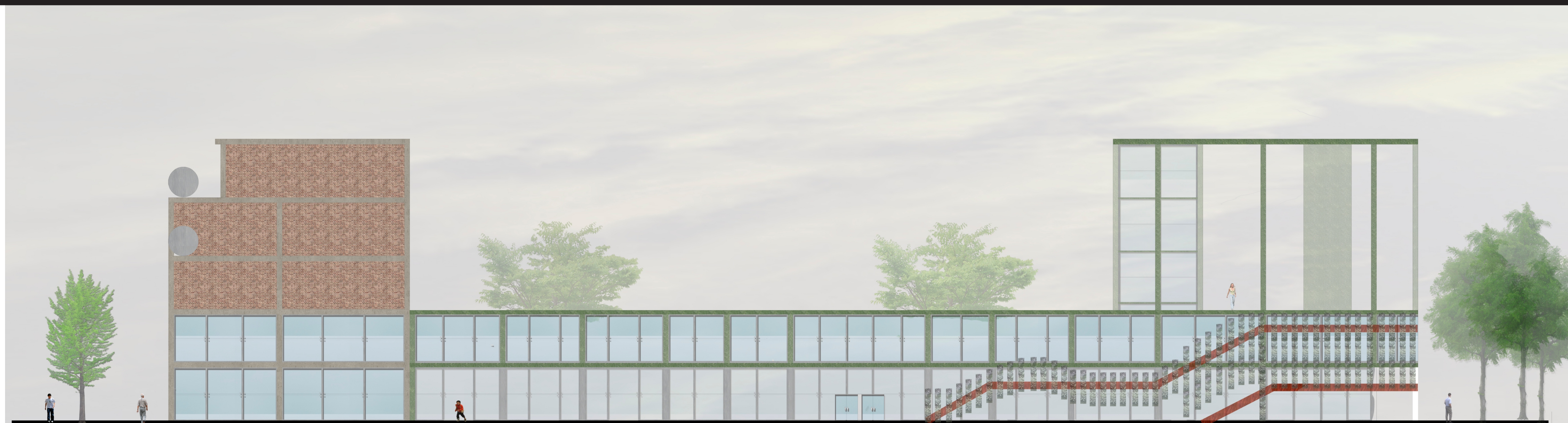
MUROS CON ACABADO DE MADERA LAMINAR COMPUESTA GREENWOOD



FACHADA FLOTANTE EN SISTEMA DE CORTINAS CON PANELES DE VEGETACION COLGANTE



LADRILLO N°



PLACA DE CUBIERTA Y ENTREPISO ACABADA CON VEGETACION COLGANTE



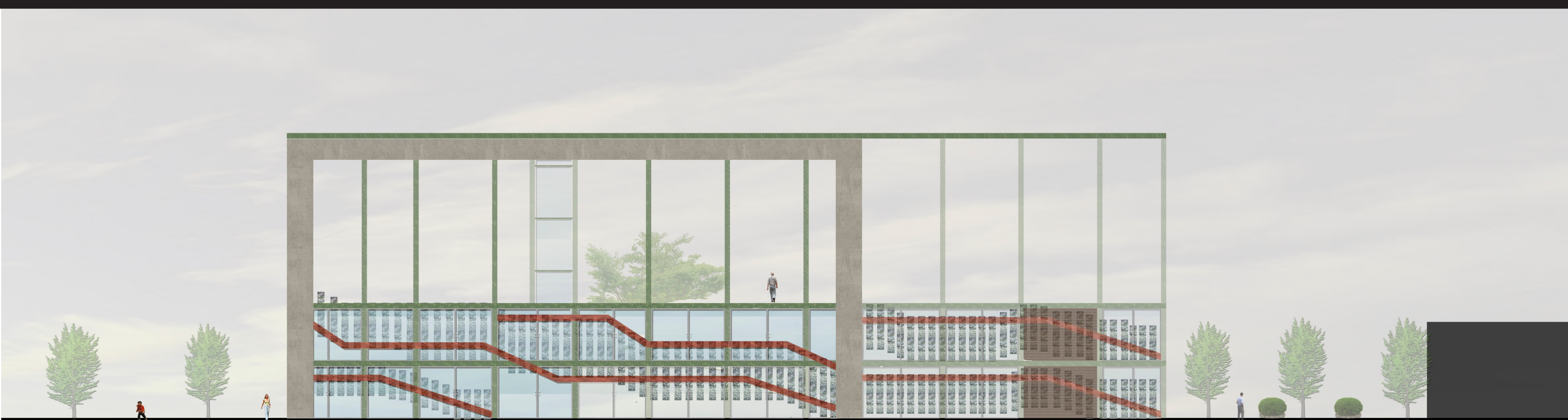
FACHADA EN LAMINAS DE VIDRIO TEMPLADO AL CALOR DE 1CM DE GROSOR



SISTEMA DE RIELES RECUBIERTOS EN MADERA IMPERMEABILIZADA PARA EL SISTEMA DE CORTINAS DE PANELES CON BEGETACION COLGANTE..



PROYECCION LATERAL SUR



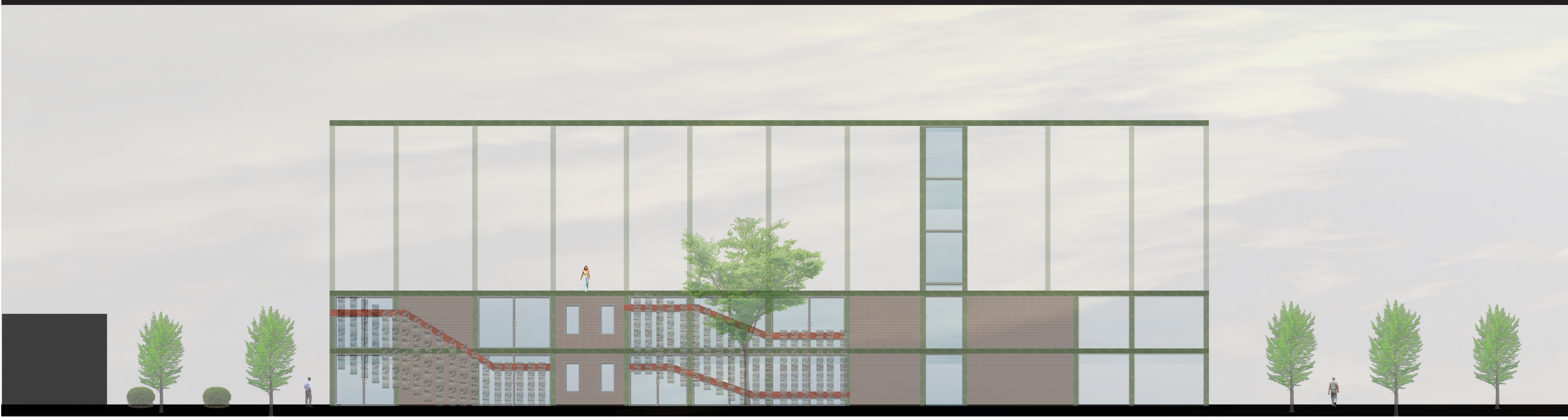
PROYECCION LATERAL ORIENTAL



FACHADA EN LAMINAS DE VIDRIO TEMPLADO AL CALOR DE 1CM DE GROSOR



SISTEMA DE RIELES RECUBIERTOS EN MADERA IMPERMEABILIZADA PARA EL SISTEMA DE CORTINAS DE PANELES CON BEGETACION COLGANTE..



FACHADA EN LAMINAS DE VIDRIO TEMPLADO AL CALOR DE 1CM DE GROSOR

SISTEMA DE RIELES RECUBIERTOS EN MADERA IMPERMEABILIZADA PARA EL SISTEMA DE CORTINAS DE PANELES CON BEGETACION COLGANTE..



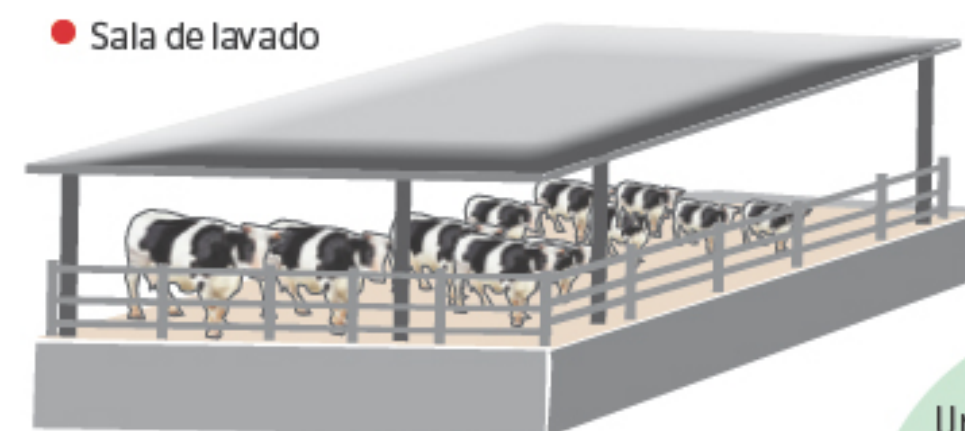
PROYECCION LATERAL OCCIDENTAL



# BIOTECNOLOGÍA

La biodigestión ocurre porque existen microorganismos bacterianos anaeróbicos presentes en el material fecal que actúan sobre los desechos orgánicos de origen vegetal y animal, que producen la mezcla de gases con alto contenido de metano ( $\text{CH}_4$ ) llamada biogás, utilizado como combustible

Sala de lavado



El estiércol se va en el agua que se utiliza para el lavado de ubres y equipo de ordeña

Cárcamo

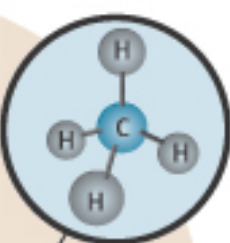
Se pulverizan los residuos de estiércol en el agua

Transformador  
La energía eléctrica se dirige al transformador donde se le da múltiples usos

Motor y Turbina  
El gas metano funciona como combustible para el motor de la turbina que produce energía eléctrica

Purificador  
Se limpia el gas de residuos de agua

Gas metano  $\text{CH}_4$   
Dentro del biodigestor se produce una alta concentración de gas



Un biodigestor con capacidad de 1 millón cien mil galones, produce  $1200 \text{ m}^3$  de biogás para generar mil kw/h diariamente

Desarenador  
Se eliminan residuos de arena y tierra

50%  
de la electricidad para consumo del establo es producida por biogás

El gas sale a presión hacia el purificador

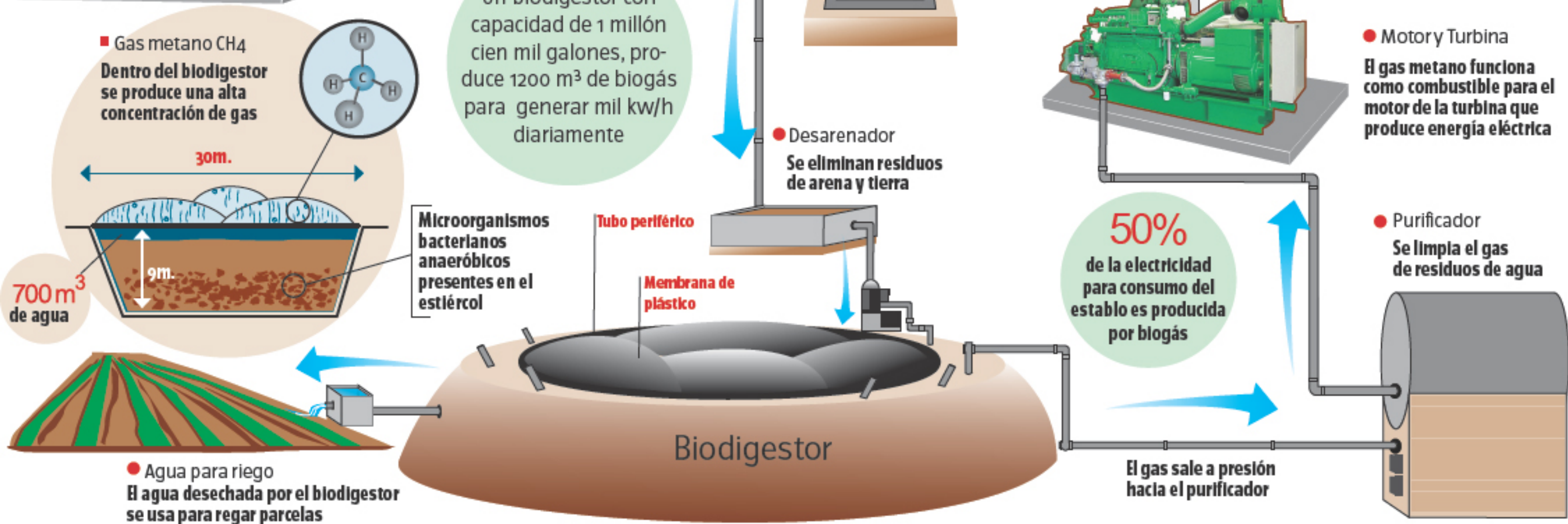
Agua para riego  
El agua desechada por el biodigestor se usa para regar parcelas

Microorganismos bacterianos anaeróbicos presentes en el estiércol

Tubo periférico

Membrana de plástico

Biodigestor





# 18 ENERGÍA DE LA BIOMASA Y DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

18.1. Origen .....	415
18.2. Potencial .....	426
18.3. Tecnología .....	427
18.4. Costes .....	446
18.5. Impacto ambiental .....	448
18.6. Situación actual .....	449









## 18. ENERGÍA DE LA BIOMASA Y DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

### 18.1. Origen

La biomasa, según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, es *la suma total de la materia de los seres que viven en un lugar determinado, expresada habitualmente en peso estimado por unidad de área o de volumen, cuya medida es de interés en ecología como índice de la actividad o de la producción de energía de los organismos*. Por tanto, en su acepción más amplia, el término biomasa incluye toda la materia viva existente en un instante de tiempo en la delgada capa superficial de la Tierra denominada biosfera.

Sin embargo, el término suele ser utilizado habitualmente en un contexto energético, es decir, se suele hablar de biomasa energética, o simplemente biomasa, para referirse a aquellos recursos biológicos de origen vegetal o animal, incluyendo los materiales procedentes de su transformación, de los cuales se puede obtener un combustible energético (biofuel), ya sea de forma directa o indirecta.

Como la mayoría de las fuentes de energía renovables, la energía de la biomasa procede originariamente del Sol (figura 18.1). Se podría sintetizar diciendo que la biomasa es la energía solar convertida por la vegetación, mediante el proceso de fotosíntesis, en materia orgánica (energía química almacenada), la cual puede recuperarse por combustión directa o mediante su transformación en otros combustibles.

El término biofuel cubre un amplio rango de fuentes de energía, desde una simple madera que se quema, a miles de toneladas de residuos urbanos que alimentan a grandes centrales energéticas. De una forma más precisa se podrían definir los biofuelles como cualquier sólido, líquido, o gas producido por materiales orgánicos, que proceden directamente de las plantas o indirectamente de residuos industriales, comerciales, domésticos o agrícolas. Los biofuelles pueden derivar de un amplio rango de materiales brutos y producidos en una variedad de formas.

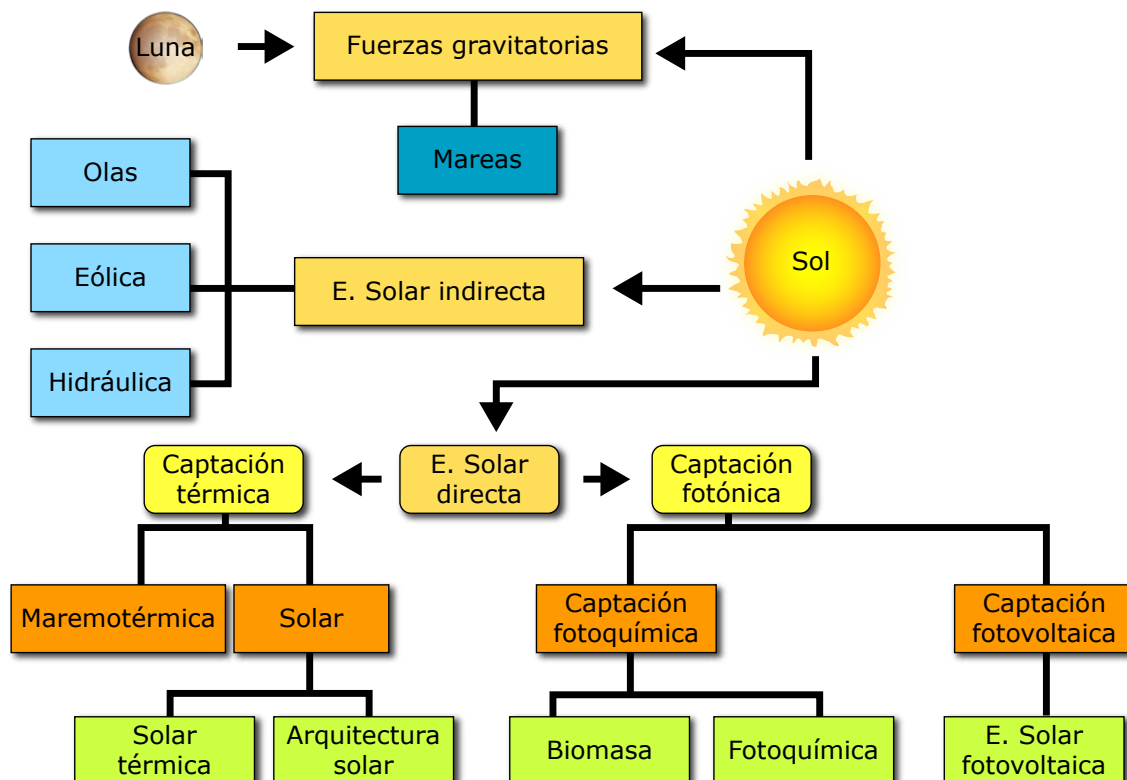


Figura 18.1. Origen de la biomasa



La fotosíntesis es el proceso metabólico específico de ciertas células de los organismos autótrofos (organismos que en el curso de la evolución aprendieron a usar la energía solar y a transformarla en energía química), por el que se sintetizan sustancias orgánicas a partir de otras inorgánicas, utilizando la energía luminosa. Es decir, la principal característica de la fotosíntesis es la conversión de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) en glucosa (carbohidratos) y oxígeno ( $\text{O}_2$ ) bajo la influencia de la luz (Figura 18.2)

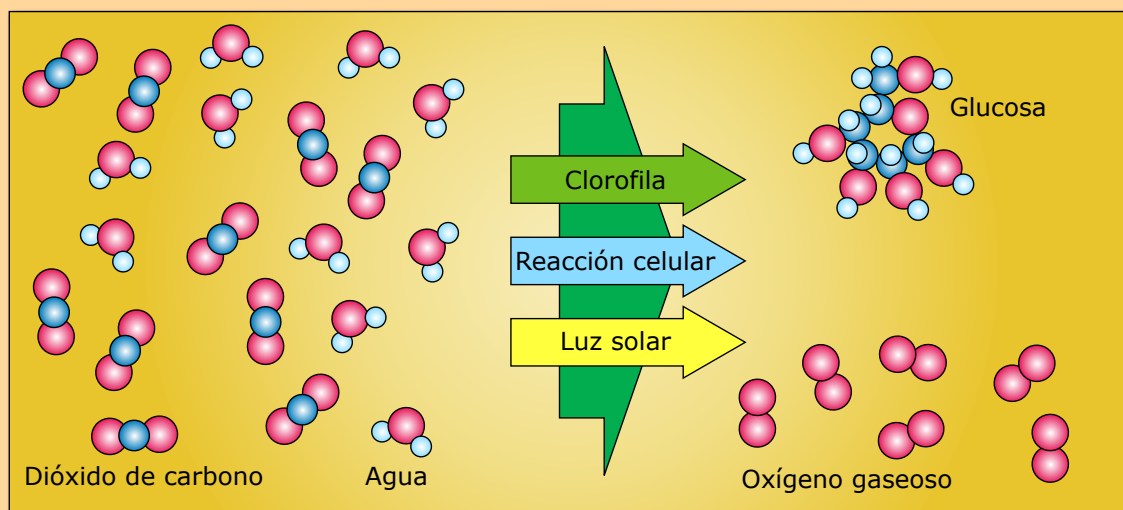
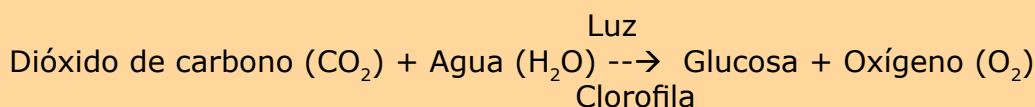


Figura 18.2. La fotosíntesis



La fotosíntesis es posible gracias a una sustancia denominada clorofila. Se trata de un pigmento de color verde que se encuentra en las plantas y procariotas que realizan la función clorofílica.

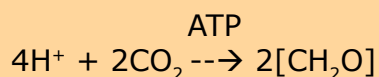
La fotosíntesis es un proceso que ocurre en dos etapas o fases. La primera fase es un proceso que depende de la luz (reacciones lumínicas): requiere la energía directa de la luz que genera los transportadores que son utilizados en la segunda fase (reacciones oscuras)

Cuando la luz es absorbida por los pigmentos verdes de la clorofila (la unidad estructural de la fotosíntesis es el cloroplasto), parte de esta energía se emplea para separar las moléculas de agua. El primero de los productos de la reacción es oxígeno gas ( $\text{O}_2$ ), que se libera. Los otros productos de la reacción son los iones de hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) ( $\text{e}^-$  representa un electrón excitado de un átomo). Con esta reacción esencialmente se acaba el papel de la luz solar.



La energía es transportada por las partículas de  $\text{H}^+$  y  $\text{e}^-$ , las cuales, después de una serie de reacciones de oxidación-reducción, se convierten en ATP (principal producto químico utilizado por los sistemas vivos para almacenar energía) y un compuesto denominado NADP. Estos productos se utilizan en la segunda etapa.

La fase independiente de la luz (reacciones de oscuridad), se realiza cuando los productos de la primera etapa, más  $\text{CO}_2$ , son utilizados para formar, mediante reacciones enzimáticas, los enlaces covalentes carbono-carbono (C-C) de los carbohidratos ( $\text{CH}_2\text{O}$ )





Como ya se ha indicado, la *biomasa primaria* es vegetal, sin embargo, ésta puede ser transformada por otros seres vivos que se nutren de la misma y generan la denominada *biomasa animal* o *biomasa de los residuos animales*. Asimismo, diversas actividades industriales que manejan biomasa vegetal o animal generan subproductos. Por último, los núcleos de población, fruto de la actividad cotidiana de sus habitantes, también generan residuos (figura 18.3)

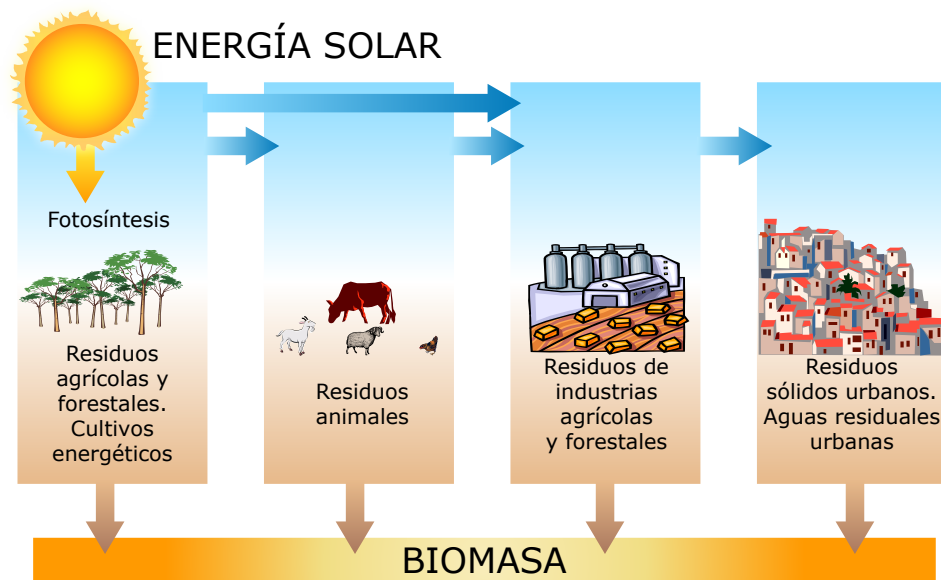


Figura 18.3. Fuentes de biomasa

En definitiva, la biomasa puede ser producida por (figura 18.4):

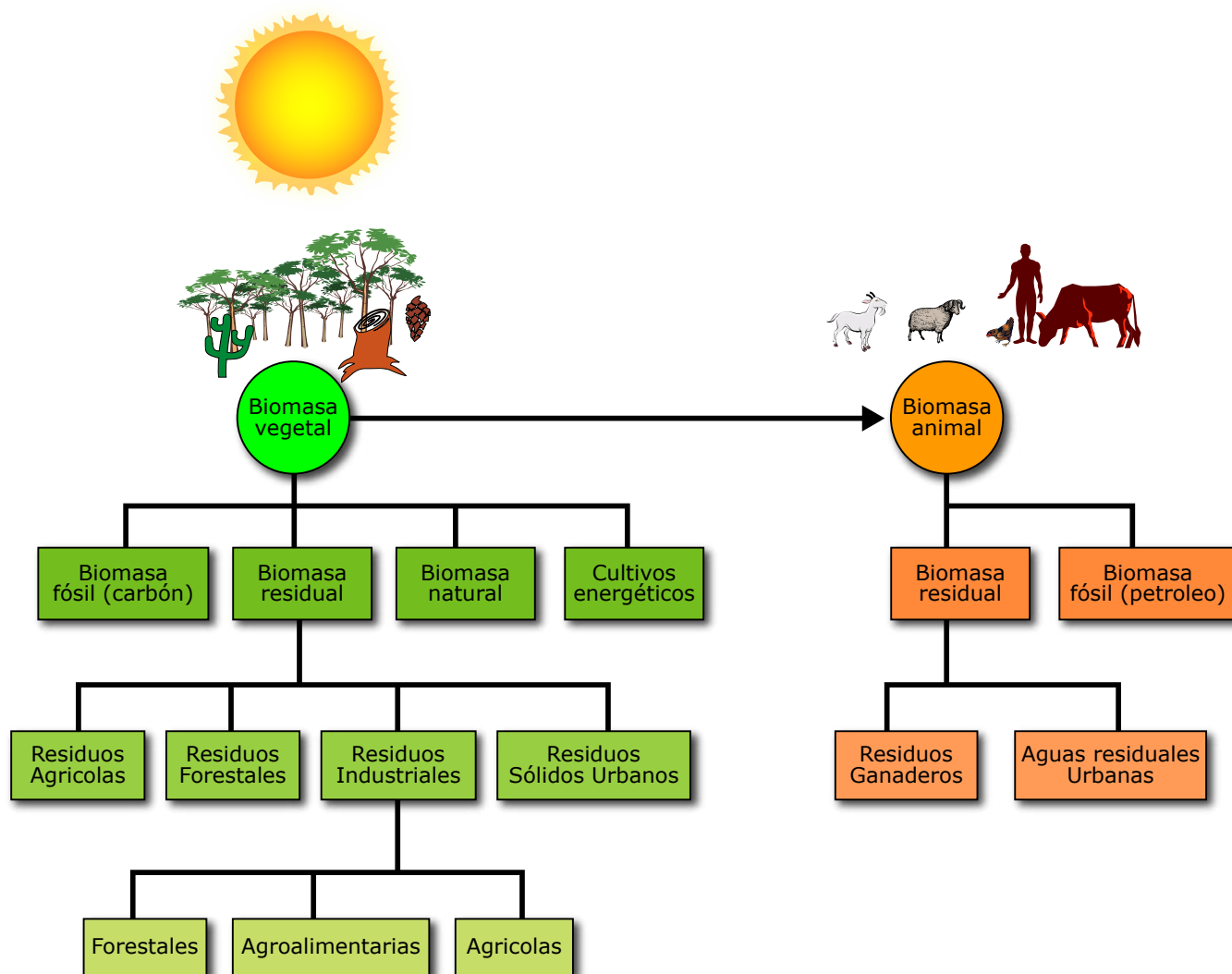


Figura 18.4. Clasificación de las fuentes de biomasa



- a) Los ecosistemas silvestres (figura 18.5), a la cual se la denomina *biomasa natural*. Es necesario señalar que la explotación de la *biomasa natural* de los bosques y selvas en cantidades superiores a la capacidad de generación del ecosistema produciría un daño irreparable en el planeta. No hay que olvidar que la biomasa natural constituye el “pulmón” del planeta Tierra, al consumir dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y liberar oxígeno ( $\text{O}_2$ ) en el proceso de fotosíntesis. Es decir, la *biomasa natural* no constituye una fuente de energía renovable, si se la explota de forma intensiva, ya que si la velocidad de consumo es mayor que la de su generación se puede provocar su agotamiento. Sin embargo, esta clase de biomasa es en la actualidad una fuente energética que se explota de forma desproporcionada en determinadas zonas del mundo.



Figura 18.5. Selvas tropicales

- b) Los subproductos derivados de determinadas actividades ganaderas, agrícolas, forestales, industriales, domésticas, etc., que suelen denominarse *biomasa residual*:
- *Los residuos ganaderos* (figura 18.6) constituyen una parte de la denominada biomasa animal. Este tipo de residuos está formado por determinados subproductos generados por animales vivos (por ejemplo, estiércoles), o muertos (por ejemplo, huesos, pellejos, etc.), que son biodegradables y pueden descomponerse utilizando mecanismos apropiados para generar biogás.

El biogás es una mezcla de metano y otros gases que se desprende durante la degradación anaerobia de la materia orgánica por la acción de microorganismos.





Figura 18.6. Residuos ganaderos

- *Las aguas residuales urbanas* (ARU) (figura 18.7), constituyen los efluentes líquidos que producen los seres humanos, por tanto, se clasifican dentro de la denominada biomasa animal. Una parte de estos residuos, una vez tratados, pueden destinarse a la generación de biogás.



Figura 18.7. Aguas Residuales Urbanas (ARU)



- *Los residuos agrícolas* (Figura 18.8) se caracterizan por su estacionalidad y pueden ser clasificados en dos grupos: *los residuos herbáceos* (plantas verdes, pajas, cascarillas de cereales, tallos, etc.) y *los residuos leñosos* (restos de podas, ramas, etc.). Los residuos herbáceos que tienen valor energético, y que no se destinan a la alimentación de animales (uso más frecuente), pueden emplearse como combustibles. Actualmente, algunos de los residuos leñosos se suelen usar como combustibles en el sector doméstico y otros, simplemente, se incineran para deshacerse de los mismos.



Figura 18.8. Residuos agrícolas

- *Los residuos forestales* pueden clasificarse en dos grupos: los residuos procedentes del proceso de mantenimiento (limpieza de matorrales, podas, etc.) de montes y bosques (figura 18.9) y los residuos que se



Figura 18.9. Limpieza de montes y bosques



generan en la limpieza de los troncos de árboles, que se talan para ser usados como materia prima en las industrias forestales (figura 18.10)



Figura 18.10. Manipulación de los troncos de árboles para la industria forestal

- *Los residuos industriales* se generan en un amplio número de sectores industriales, sin embargo, solo las industrias que generan volúmenes considerables de residuos orgánicos son las que podrían presentar interés a la hora de aprovechar la energía de su biomasa. En este contexto, pueden señalarse las industrias forestales y las industrias agroalimentarias y agrícolas.

Normalmente, los residuos que se generan en pequeñas industrias y que no tienen utilidad, se incorporan dentro de los llamados residuos sólidos urbanos.

Los residuos de las industrias forestales (figura 18.11) se suelen concentrar en las industrias madereras y papeleras, las cuales generan, entre otros subproductos, serrines.

Entre las industrias agroalimentarias y agrícolas que producen residuos susceptibles de utilizarse con fines



Figura 18.11. Residuos de industrias forestales (carpintería)



energéticos pueden señalarse las industrias de conservas vegetales (huesos de frutas), las productoras de vinos y aceites (orujos) (figura 18.12) y las que elaboran frutos secos (cáscaras) (figura 18.13). Sin embargo, hay que indicar que un alto porcentaje de los residuos generados por estas industrias suele tener aplicación en otras industrias.



Figura 18.12. Residuos de producción de aceites



Figura 18.13. Cáscaras de frutos



Figura 18.14. Residuos sólidos urbanos (RSU)

■ *Los residuos sólidos urbanos (RSU) son, según la definición de biomasa residual, una parte de los desechos (basura) que la humanidad genera en su domicilio (restos de alimentos, papel, etc.)* (figura 18.14). Este tipo de residuos se incluyen dentro de la denominada biomasa vegetal, sin embargo, su aprovechamiento energético presenta algunas diferencias con los del resto de la biomasa.

El tratamiento y eliminación de estos residuos constituye un problema cada día más agobiante debido



a su incesante crecimiento, a medida que aumenta la población y el nivel de vida de la misma.

- c) Los cultivos realizados con el propósito exclusivo de obtener materiales con características especiales para ser aprovechados energéticamente. Estos cultivos se denominan *cultivos energéticos* y, normalmente, se clasifican en cuatro tipos:
- Cultivos tradicionales. Se trata de cultivos que ha utilizado el hombre tradicionalmente y que ya no son rentables en su aplicación alimenticia o industrial habitual. Entre estos cultivos pueden señalarse los cereales (figura 18.15), la remolacha (*Beta vulgaris*) (figura 18.16), la caña de azúcar (figura 18.17), etc. Este tipo de explotaciones presentan el inconveniente de su competitividad con la producción de alimentos.



Figura 18.15. Cultivos de cereales



Figura 18.16. Remolacha



Figura 18.17. Caña de azúcar



- Cultivos poco frecuentes. Cultivos que pueden implantarse en terrenos difíciles de explotar por los cultivos destinados a la alimentación. Pueden mencionarse las plantaciones de piteras (Figura 18.18), cardos (Onopordum) (Figura 18.19), etc. Este tipo de aprovechamiento no compite con la producción de alimentos.



Figura 18.18. Pitas



Figura 18.19. Cardos

- Cultivos acuáticos. Un altísimo porcentaje de la superficie terrestre está cubierta de agua, donde los rayos solares alimentan a un considerable número de plantas acuáticas. Algunas de estas plantas, entre las que se pueden señalar las algas *Macrocystis* (Figura 18.20. (a) ), *Nerocystis* (Figura 18.20. (b) ), en aguas saladas, y el jacinto de agua (*Eichornia crassipes*) (Figura 18.20. (c) ), en agua dulce, podrían cultivarse con finalidad energética.

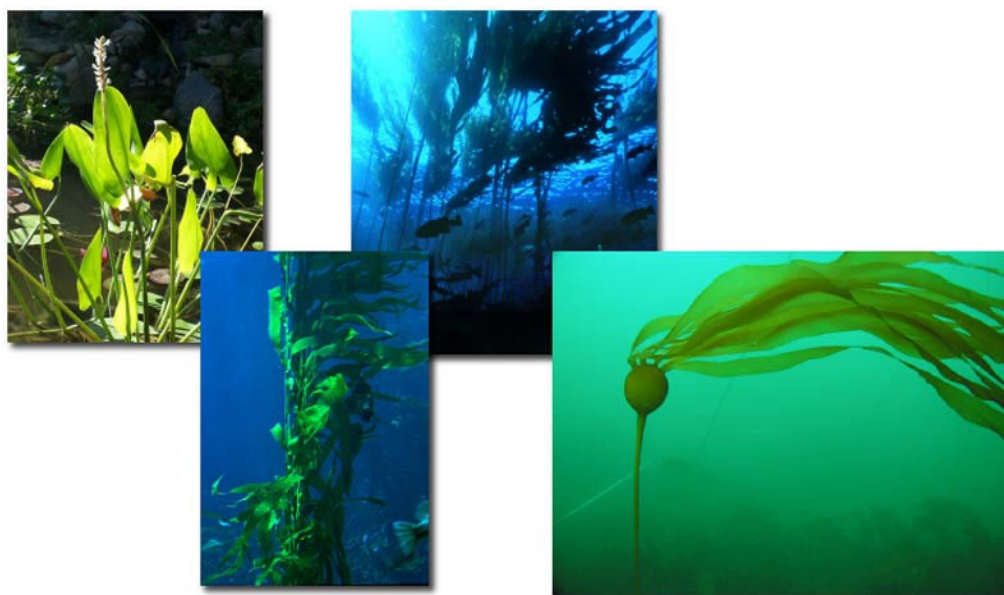


Figura 18.20. Cultivos acuáticos



- Cultivos óptimos para la obtención de combustibles líquidos. Hay plantas con propiedades similares a las de los derivados del petróleo que, mediante un sencillo tratamiento, pueden proporcionar combustibles líquidos. En este sentido pueden señalarse la palma africana (*Elaeis guineensis*) (Figura 18.21. (a) ), la tabaiba (*Euphorbia lathyris*) (Figura 18.21. (b) ), etc.



Figura 18.21. (a) Palma africana y (b) Tabaiba

- d)** Como puede observarse en la figura 18.4, el petróleo (figura 18.22), el carbón (figura 18.23), etc., pertenecientes a los denominados combustibles fósiles o combustibles no renovables, también constituyen biomasa (tanatomasa), es decir, biomasa de origen vegetal o animal que se enterró en ciertos periodos geológicos y que por la intervención de determinados mecanismos y/o condiciones se transformó en *biomasa fósil*.



Figura 18.22. Petróleo

El petróleo se originó hace millones de años debido a la descomposición anaeróbica de determinados animales (fundamentalmente plancton marino), que se encuentran enterrados y sometidos a elevadas presiones y temperaturas.

El carbón procede de la carbonización de las masas vegetales que quedaron sepultadas en determinados periodos geológicos. El carbón más antiguo es la antracita, con un contenido en carbono del 95%, le sigue la hulla (80%C), el lignito (70%C) y la turba (50%C)



Evidentemente, la biomasa al quemarse produce anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ); ambos elementos presentes en la composición de la atmósfera terrestre. Sin embargo, los constantes ciclos a que están sometidos estos componentes les permiten volver a pasar a la materia vegetal en el proceso de crecimiento de las plantas. Es decir, se trata de un proceso cíclico en el que la composición de la atmósfera se mantiene dentro de valores constantes.

Los combustibles extraídos de la biomasa presentan un muy bajo contenido de azufre, no forman escorias en su combustión y tienen bajo contenido en cenizas.

A diferencia, los combustibles fósiles emiten grandes cantidades de  $\text{CO}_2$ , que ya no formaban parte de la dinámica de la biosfera, contribuyendo a elevar la proporción de este gas en la atmósfera y, consecuentemente, a la producción del llamado efecto invernadero (calentamiento por retención de la radiación solar reflejada), y a la generación de otros problemas ambientales, tales como la lluvia ácida o el deterioro de la capa de ozono, debido a la producción de elementos extraños a la atmósfera (óxidos de azufre, carbono y nitrógeno, partículas, hollines, metales pesados)

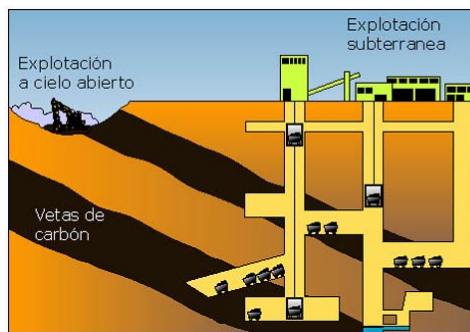


Figura 18.23. Carbón

En este capítulo solo se abordará aquella biomasa que puede incluirse dentro del concepto de renovable, es decir, la biomasa que tras ser utilizada puede regenerarse natural o artificialmente. Por tanto, solo se analizará la biomasa de los residuos y la biomasa de los cultivos energéticos, es decir, los recursos que, al estar sometidos a ciclos, se mantienen de forma más o menos constante en la naturaleza.

En definitiva, la biomasa de los residuos y de los cultivos energéticos constituye, esencialmente, como ya se ha mencionado, energía química almacenada. Esta energía puede ser transformada por el hombre mediante diferentes tratamientos, en función del tipo de recurso, para aprovecharla mediante la producción de calor, producción eléctrica, o destinarla como combustible para el transporte.

Hasta épocas recientes, la historia de los combustibles fue esencialmente la historia de los biofueles. Durante mucho tiempo la energía solar y la energía de la biomasa han sido las únicas fuentes de energía térmica empleadas por el ser humano. Lo mismo puede decirse de la luz, pues esta procedía de lámparas que usaban aceites vegetales o animales.

## 18.2. Potencial

Como ya se ha indicado, la biomasa constituye energía solar almacenada en forma de energía química. El rendimiento teórico de este proceso de conversión es bastante bajo, ya que es inferior al 5%. Sin embargo, la biomasa se encuentra muy distribuida sobre la superficie de la Tierra (figura 18.24), estimándose que la energía anual almacenada por la biomasa es de más de 8 millones de TWh (aproximadamente el 40% de esta energía se genera en ámbito acuático).

Actualmente, solo se utiliza una ínfima parte de la energía de la biomasa como fuel. Sin embargo, no existe forma sostenible en la que se pueda hacer uso de la producción entera anual de la biomasa, incluso aunque se quisiera. El combustible constituye, en cualquier caso, solo uno de los cuatro contrapuestos usos de la biomasa. Comida, forraje y fibra deben compartir el recurso (comida para los humanos, forraje para los animales domésticos y salvajes, y fibra para la fabricación de papel, tejidos, etc.). Además, no todo



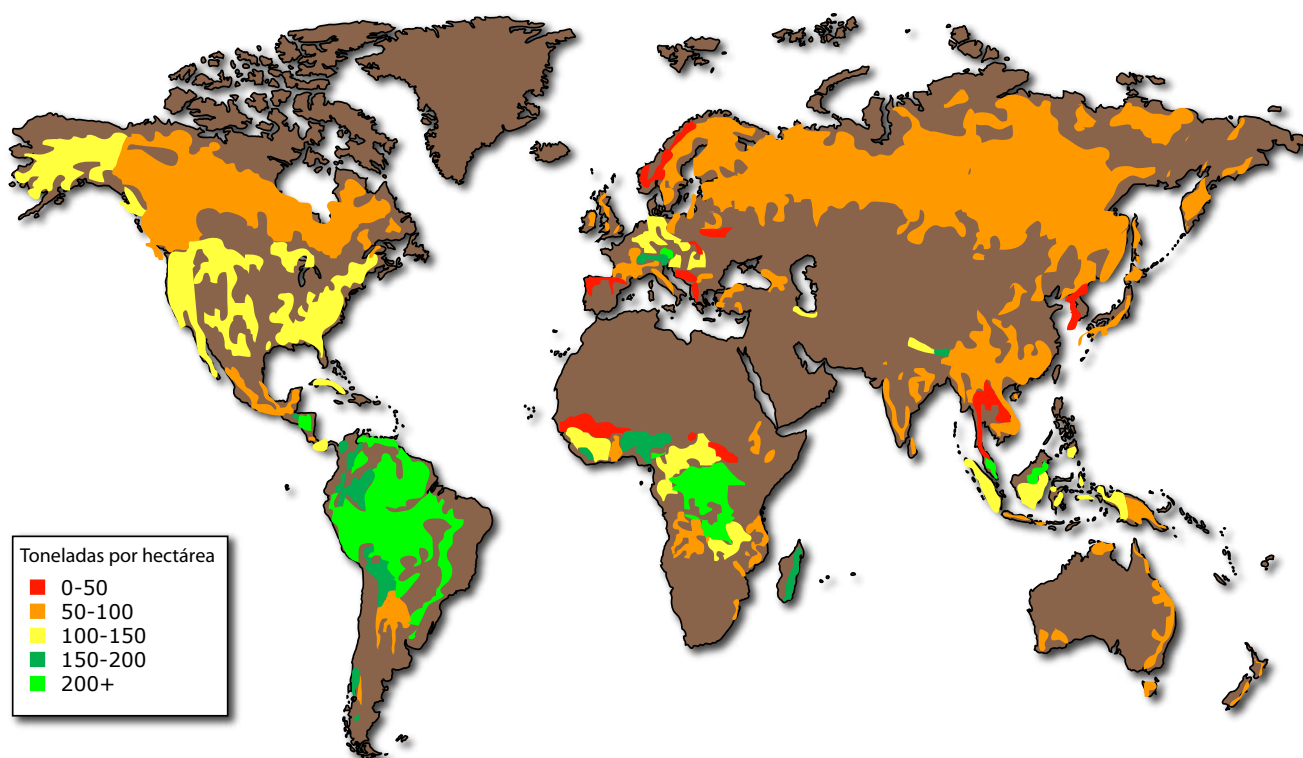


Figura 18.24. Biomasa en el mundo

el potencial de la biomasa renovable puede ser explotado debido a diversos condicionantes: elevados costes de recolección y transporte, localización en el mundo acuático, etc.

Dada la naturaleza tan diversa de los biofuel, y las amplias variaciones en sus condiciones locales, es evidente que cualquier evaluación del potencial mundial debe apoyarse en análisis detallados de las contribuciones individuales dentro de regiones específicas o países. Como en la estimación de cualquier recurso, se debe tener en cuenta factores medioambientales y sociales, así como consideraciones técnicas y económicas.

Los estudios realizados a escala mundial (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medioambiente y Desarrollo), sugieren que el suministro de energía anual procedente de la biomasa, en la mitad de este siglo, podrá alcanzar alrededor de la mitad del consumo actual total de energía primaria.

### 18.3. Tecnología

La biomasa es un recurso que se presenta en una variedad de materiales diferentes: madera, serrín, paja, restos de semillas, estiércol, desechos de papel, desechos domésticos, aguas residuales, etc. Las características de algunos materiales permiten que éstos puedan emplearse como combustibles directamente, sin embargo, otros requieren de una serie de tratamientos previos, que precisan distintas tecnologías antes de su aprovechamiento. En la Figura 18.25 se muestra una clasificación de los procesos de extracción de energía de la biomasa, ordenados en función de la complejidad de los mismos)

El aprovechamiento inmediato de algunos de estos procesos es calor, normalmente empleado *in situ* o a distancias no muy grandes, para procesos



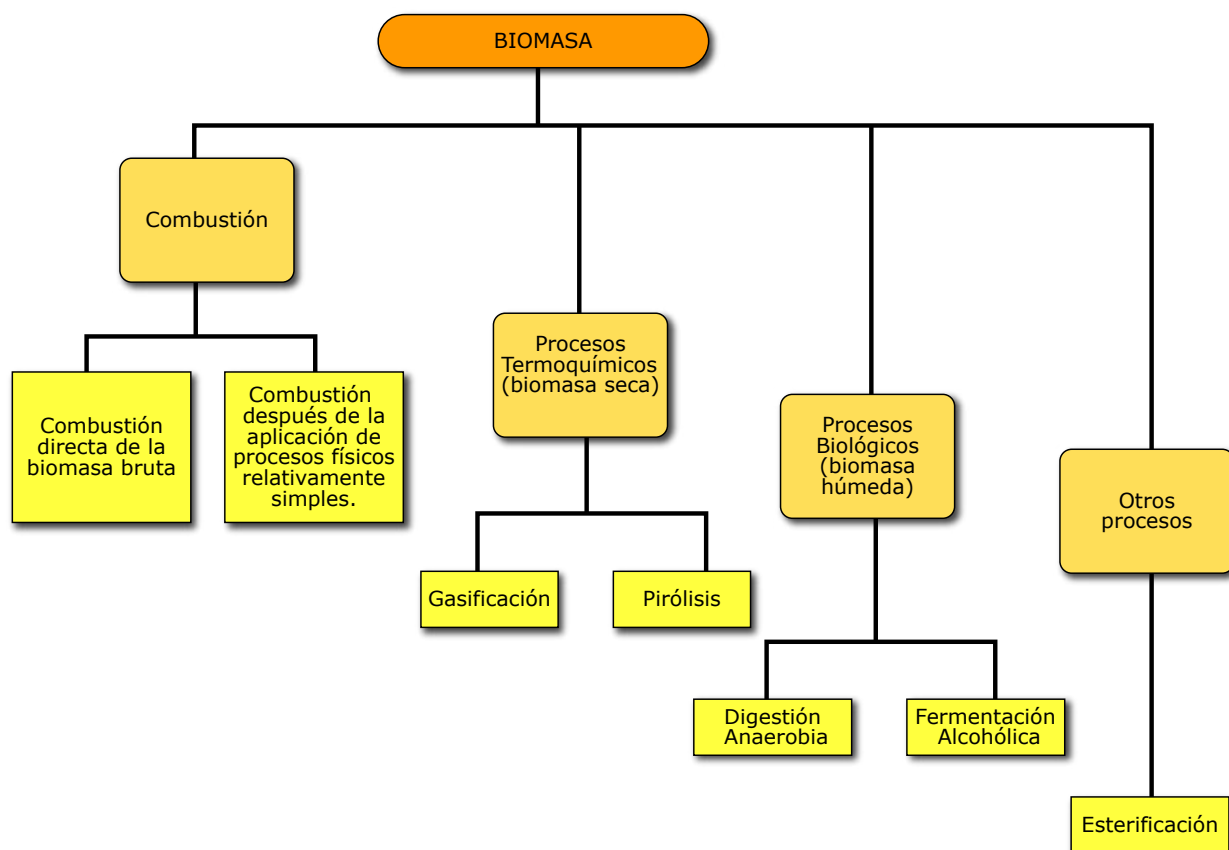


Figura 18.25. Clasificación de los procesos de extracción de energía de la biomasa

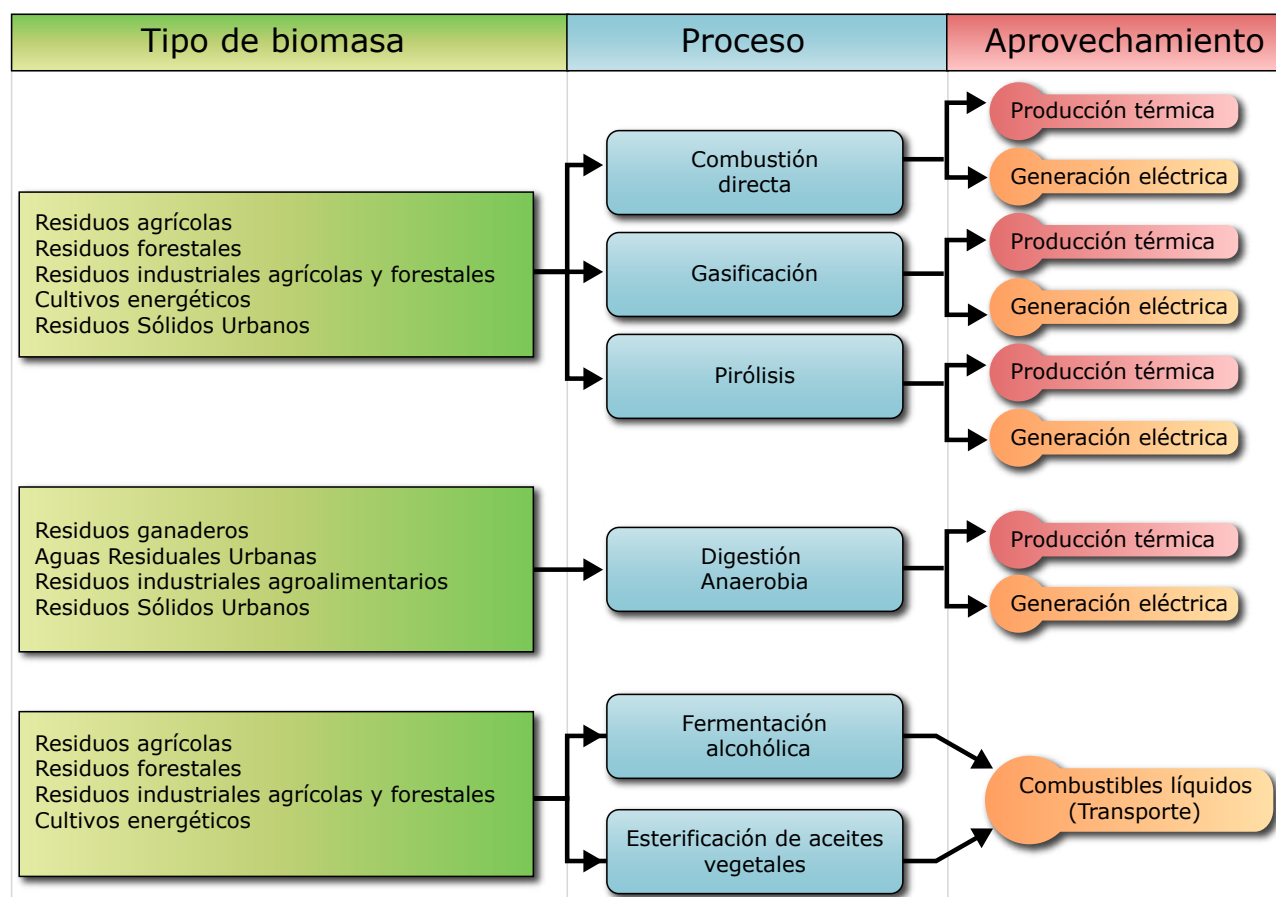


Figura 18.26. Aplicaciones de la biomasa



químicos o calefacción, o para generar vapor para centrales eléctricas. En otros procesos el producto resultante es un combustible sólido, líquido o gaseoso: carbón vegetal, combustibles líquidos sustitutos de la gasolina empleada en el transporte, gas para centrales de generación eléctrica, que usan tanto turbinas de gas como de vapor (figura 18.26)

Previa a la utilización de la biomasa en los distintos procesos reflejados en la figura 18.25, ésta es recogida y sometida a diversos tratamientos, dependiendo del tipo de biomasa y su utilización. En la figura 18.27 se muestran diversas etapas que la biomasa vegetal leñosa debe seguir, dependiendo de sus características, antes de su utilización en procesos de combustión directa o termoquímicos.

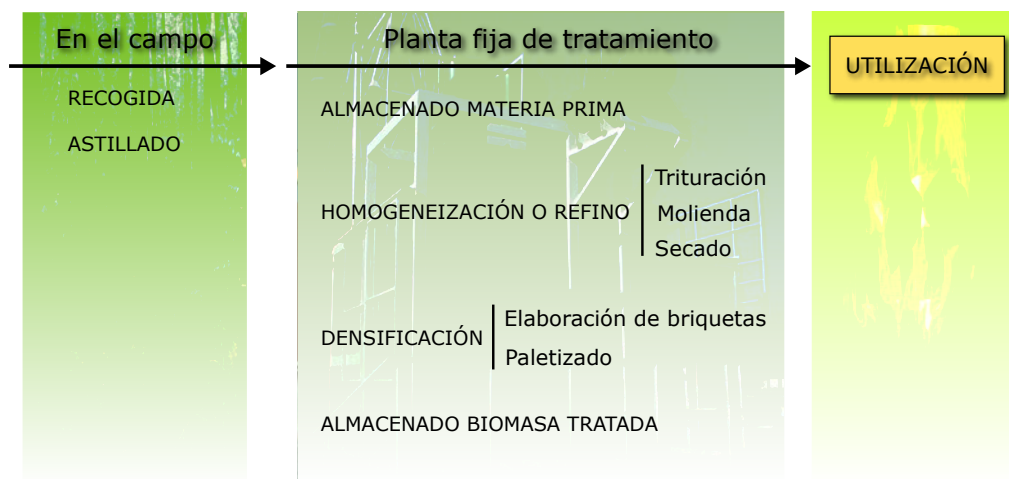


Figura 18.27. Diversas fases del proceso de manipulación de la biomasa antes de su utilización

Fruto de los tratamientos previos, la biomasa puede ser almacenada antes de su utilización en diversos formatos.

Dos de los formatos más frecuentes son los *Pellets* (figura 18.28), que se presentan en forma de cilindros de diámetros comprendidos entre 8mm y 12mm y longitudes en el rango de 30mm a 50mm., y las *Briquetas* (figura 18.29), también de forma cilíndrica, pero con diámetros comprendidos entre 50mm y 130mm y longitudes en el rango de 50mm. y 300mm.

**a) Combustión directa.** La combustión directa es el sistema más antiguo de extracción de energía de la biomasa. En el proceso de combustión la materia orgánica (combustible) reacciona químicamente con el oxígeno (carburente) en una reacción exotérmica (cede calor al medio), obteniéndose dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y, si los elementos azufre y nitrógeno forman parte de los reactivos, óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ) y nitrógeno ( $\text{N}_x\text{O}_z$ ).



Figura 18.28. Pellets





Figura 18.29. Briquetas

Los factores fundamentales que afectan al proceso son: Características físicas, químicas y energéticas de la biomasa (combustible), el porcentaje de oxígeno y la temperatura a la que se realiza la misma (entre 600°C y 1.300°C).

Entre las características físicas de la biomasa sobresale, por su importancia, el grado de humedad de la misma. Se aconseja que el grado de humedad sea inferior a 15% (biomasa seca), ya que en la evaporación del agua contenida en la biomasa se consume parte de la energía liberada en la combustión. Si se utiliza biomasa seca pueden lograrse rendimientos del orden del 80%, frente a los rendimientos conseguidos (60%) cuando se utiliza biomasa húmeda (humedad > 50%). Asimismo, la granulometría (tamaño) y la densidad son características que influyen en la duración del proceso de combustión y en los equipos utilizados en el tratamiento y en la propia combustión.

En cuanto a las características químicas, hay que señalar que el contenido en azufre de la biomasa vegetal es mínimo, por lo que prácticamente no se producen emisiones a la atmósfera de óxidos de azufre.

Las propiedades energéticas de la biomasa vienen dadas por el denominado *Poder Calorífico Superior* (PCS), cuya unidad más frecuente es Kcal/kg, y que se define como la cantidad de calor desprendido por la combustión completa de un kilogramo de combustible a presión constante. Sin embargo, se suele utilizar con mayor frecuencia el denominado *Poder Calorífico Inferior* (PCI), ya que éste refleja la cantidad de calor desprendido, una vez se ha descontado el calor absorbido en la evaporación del agua contenida en la biomasa.

El porcentaje de oxígeno influye en la reacción, ya que si éste escasea la reacción no se completa y se obtiene carbón y monóxido de carbono. Por tanto, se recomienda que la combustión se realice en un exceso de oxígeno.

Mediante la combustión directa de la biomasa se produce la transformación de la energía química almacenada en ella en energía calorífica. La combustión directa de la biomasa puede llevarse a cabo en hogares para calentamiento directo (chimeneas, hornos de leña, estufas de leña, etc.) (figura 18.30), o mediante el uso de sistemas de calefacción (calderas) (figura 18.31). Asimismo, el calor generado al quemar la biomasa directamente puede ser usado en plantas industriales para calefacción y producir vapor, que puede ser empleado en la generación de electricidad (figura 18.32)





Figura 18.30. Utilización de la combustión directa en el ámbito doméstico



Figura 18.31. Utilización de la combustión directa en calderas



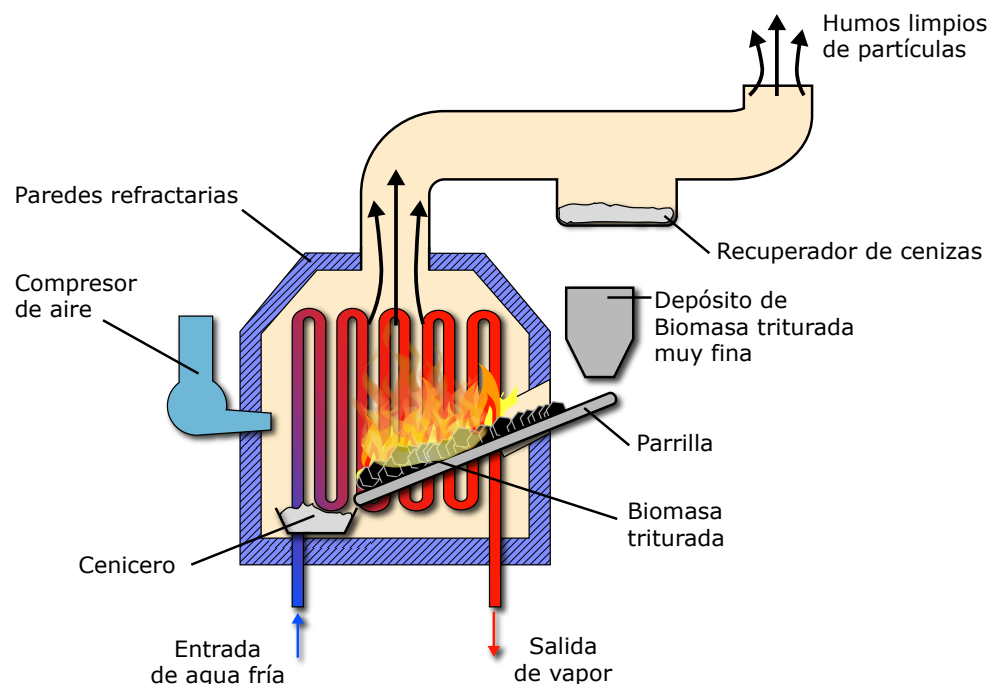


Figura 18.32. Generación de electricidad por combustión directa de la biomasa

**b) Procesos termoquímicos.** La biomasa es transformada al someterla a diferentes procesos de oxidación, en unas condiciones dadas de presión y temperatura, para obtener combustibles sólidos, líquidos o gaseosos adecuados a diversas aplicaciones. Si el proceso se realizase en ausencia parcial de oxígeno, éste se denomina *gasificación*, sin embargo, si el proceso se lleva a cabo sin la presencia de oxígeno, éste se denomina *pirólisis*.

- *Gasificación*: El término gasificación recoge al conjunto de procesos en los que un combustible sólido es oxidado parcialmente para producir un combustible gaseoso, que contiene entre otros componentes CO

Existen diversos tipos de gasificadores, los cuales se suelen clasificar en gasificadores de lecho fijo, los cuales se subdividen a su vez en gasificadores de flujo de gas ascendente y de flujo de gas descendente, y gasificadores de lecho fluidizado (Figura 18.33)

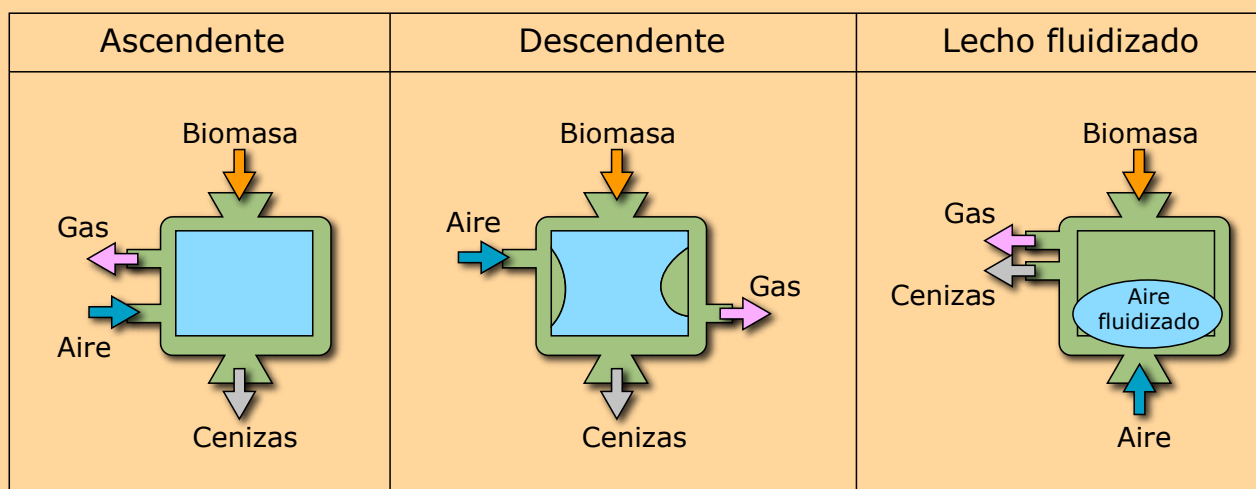


Figura 18.33. Diferentes tipos de gasificadores



(monóxido de carbono),  $\text{CO}_2$  (dióxido de carbono),  $\text{H}_2$  (hidrógeno),  $\text{CH}_4$  (metano) y vapor de agua. Los porcentajes obtenidos de cada uno de estos componentes son función de los materiales empleados (composición, grado de humedad, tamaño y uniformidad de las partículas, etc.), de las condiciones en que se lleva a cabo el proceso (con aire o con oxígeno puro, presión de operación, temperatura del proceso, etc.) y del tipo de gasificador (figura 18.33 y figura 18.34)



Figura 18.34. Gasificador

Hay que señalar que, en los procesos de gasificación, la humedad de la biomasa debe ser baja para evitar que la evaporización del agua consuma parte de la energía y reduzca el rendimiento del proceso. Asimismo, la temperatura no debe ser inferior a  $700^{\circ}\text{C}$ , para obtener un producto con un adecuado rendimiento, pero tampoco ha de ser excesivamente alta (superior a  $1.500^{\circ}\text{C}$ ), ya que se producirían problemas técnicos. El margen de presiones puede oscilar entre 1 y 30 atmósferas.

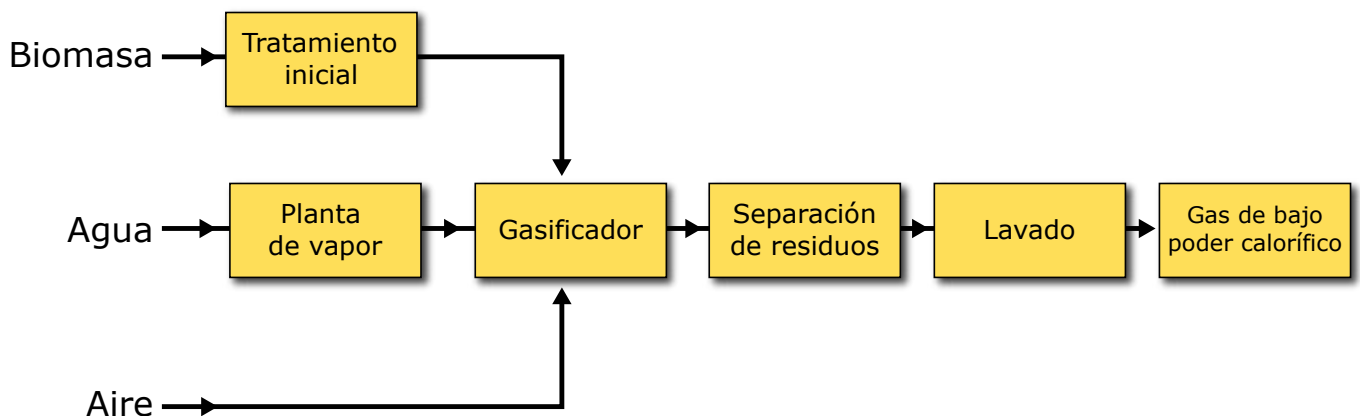


Figura 18.35. Esquema conceptual del proceso de gasificación con aire



El rendimiento global de un proceso de gasificación depende del tipo de combustible producido, pero los valores más altos (del orden del 85%), se obtienen en la producción de combustibles de baja calidad.

En las figuras 18.35 y 18.36 se muestra un esquema conceptual del proceso de gasificación llevado a cabo mediante aire y mediante oxígeno.

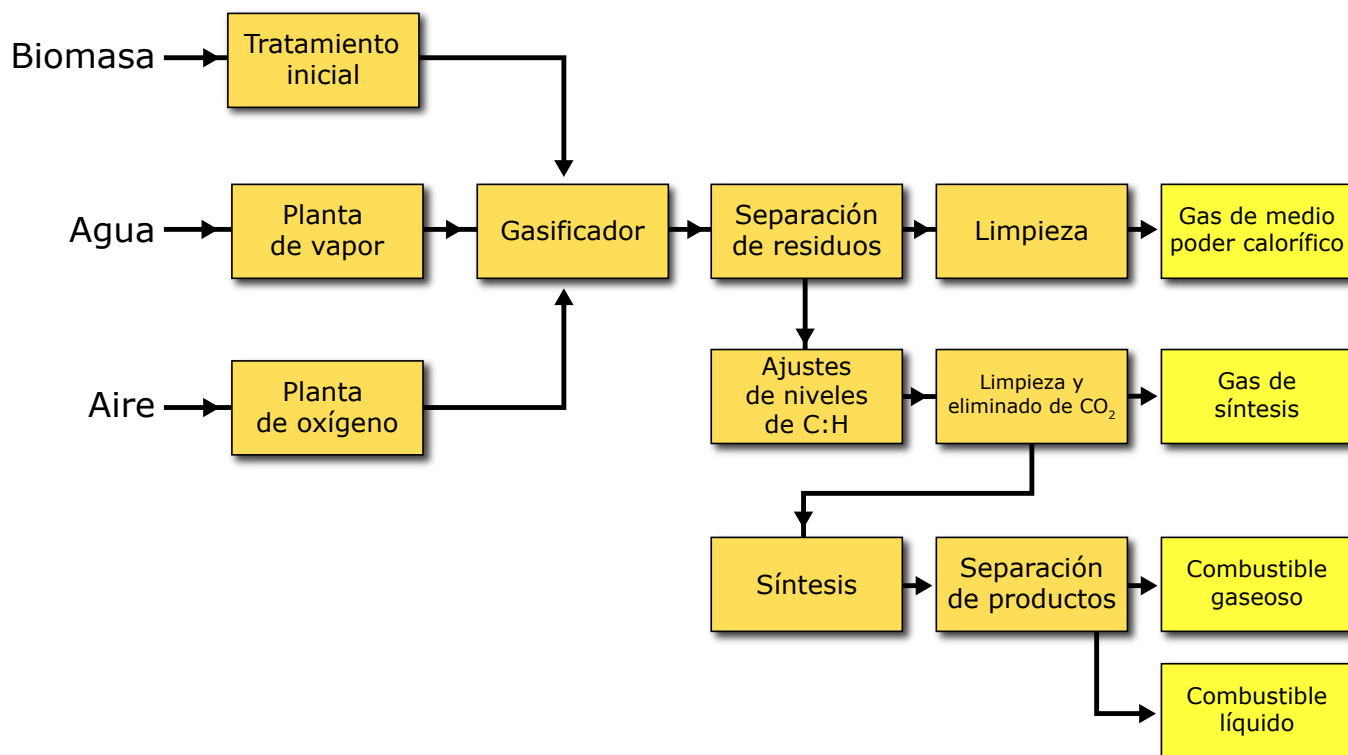


Figura 18.36. Esquema conceptual del proceso de gasificación con oxígeno

Cuando la biomasa de baja humedad (inferior a 15%), se gasifica con aire (haciendo circular un pequeño volumen de aire a través de una gran masa en combustión), se obtiene el denominado *gas gasógeno* o *gas pobre*

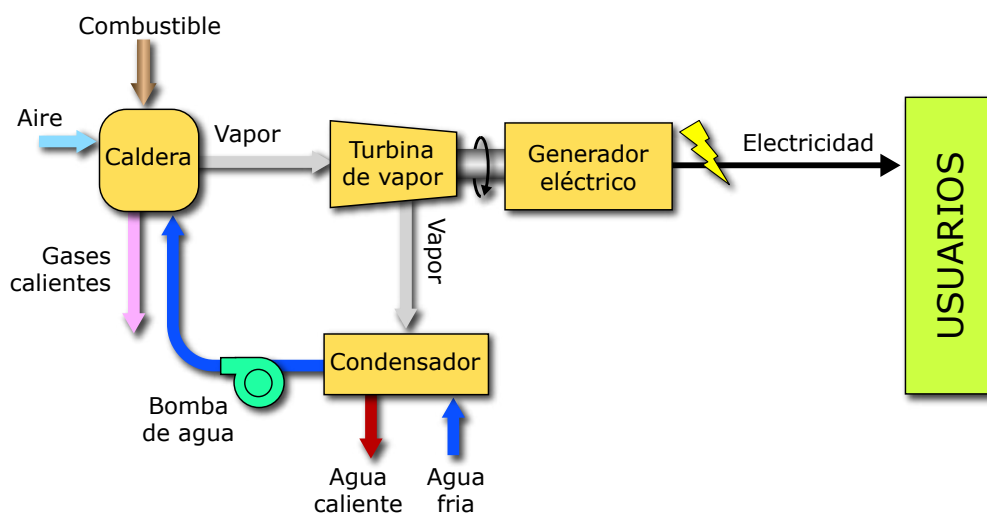


Figura 18.37. Esquema conceptual de una central convencional de turbina de vapor



(poder calorífico inferior a  $5,5\text{MJ/m}^3$ ). Este gas, debido a su contenido en nitrógeno y su baja densidad energética no se suele almacenar, sino que se suele utilizar directamente en equipos de combustión para generar electricidad utilizando turbinas de gas y generadores eléctricos.

Una central de producción de electricidad con turbinas que se accionan con gas procedente de la biomasa es similar a una central de vapor convencional (figura 18.37), excepto que, en vez de quemar el combustible para producir vapor y con él accionar las turbinas, éstas se accionan directamente con los gases calientes de la combustión de la biomasa. (Figura 18.38)

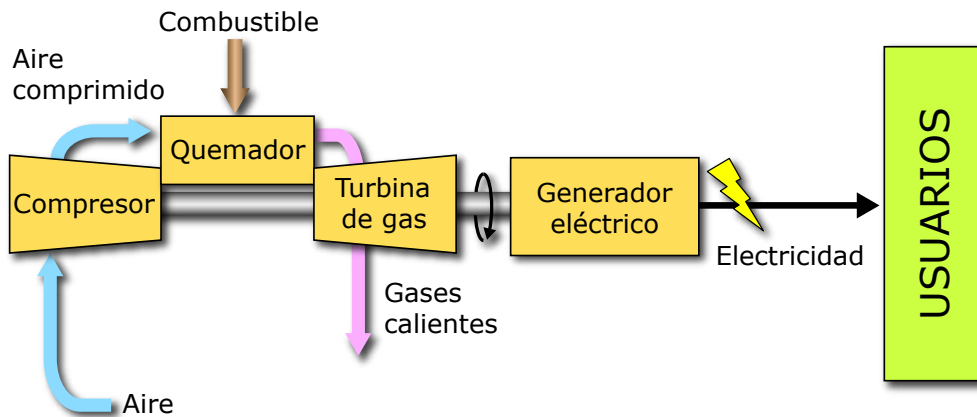


Figura 18.38. Esquema conceptual de una central de turbina de gas

El incremento de temperatura conseguido de esta forma mejora el rendimiento termodinámico del proceso, pero para que los alabes de las turbinas no se corroan o ensucien, los gases deben ser muy limpios (este es el motivo por el cual casi todas las plantas con turbinas de gas actuales queman gas natural)

Existen situaciones en las que se desea producir vapor y electricidad. Para estos propósitos, las turbinas son accionadas por una combinación de gases de combustión y vapores a alta presión, por lo que el sistema incorpora generadores de vapor (figura 18.39)

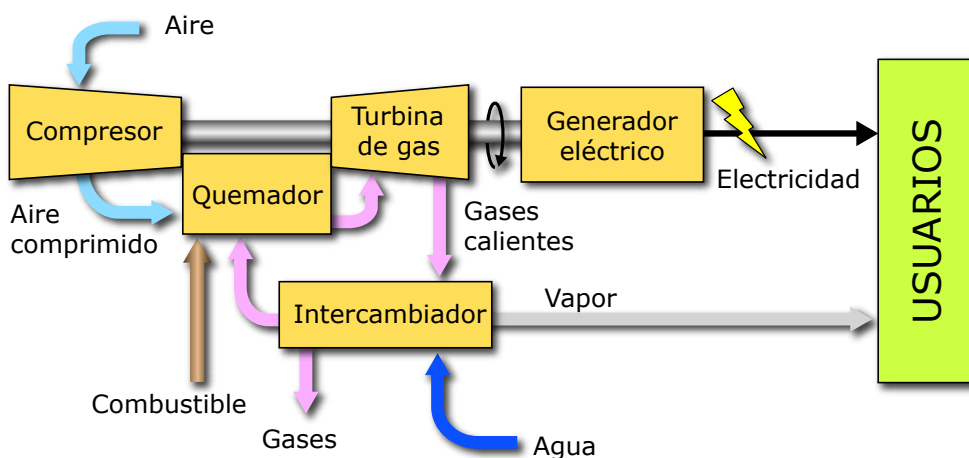


Figura 18.39. Esquema conceptual de una central de generación de vapor y electricidad



Cuando la biomasa seca se gasifica con oxígeno se obtiene el denominado *gas de síntesis*, con un poder calorífico superior al del gas gasógeno pero inferior al de los combustibles convencionales (propano, butano, etc.). Este gas es posible convertirlo, mediante procesos catalíticos, en varios productos, obteniéndose combustibles líquidos de gran demanda, como el metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), además de combustibles gaseosos.

- **Pirólisis:** Es el más simple y antiguo método de procesar un combustible con el propósito de obtener otro mejor. La pirólisis convencional requiere el calentamiento del material original con la ausencia total de oxígeno. El proceso suele iniciarse aproximadamente a los  $260^\circ\text{C}$  y finaliza, aproximadamente, a los  $450^\circ\text{C}$  o  $550^\circ\text{C}$  (si se utilizan residuos vegetales; cuando se utilizan RSU la temperatura suele ser más alta, pudiendo alcanzar los  $1.000^\circ\text{C}$ ).

Las características de la biomasa empleada (residuos agrícolas y forestales, residuos sólidos urbanos) y las condiciones de operación del proceso (temperatura, presión, tiempos, etc.) son los factores que determinan la composición y tipo de producto obtenido. Los productos obtenidos pueden ser carbón vegetal, combustible líquido y combustible gas.

En la figura 18.40 se muestra un esquema conceptual del proceso de pirólisis para obtener combustible líquido y en la figura 18.41 una planta de pirólisis.

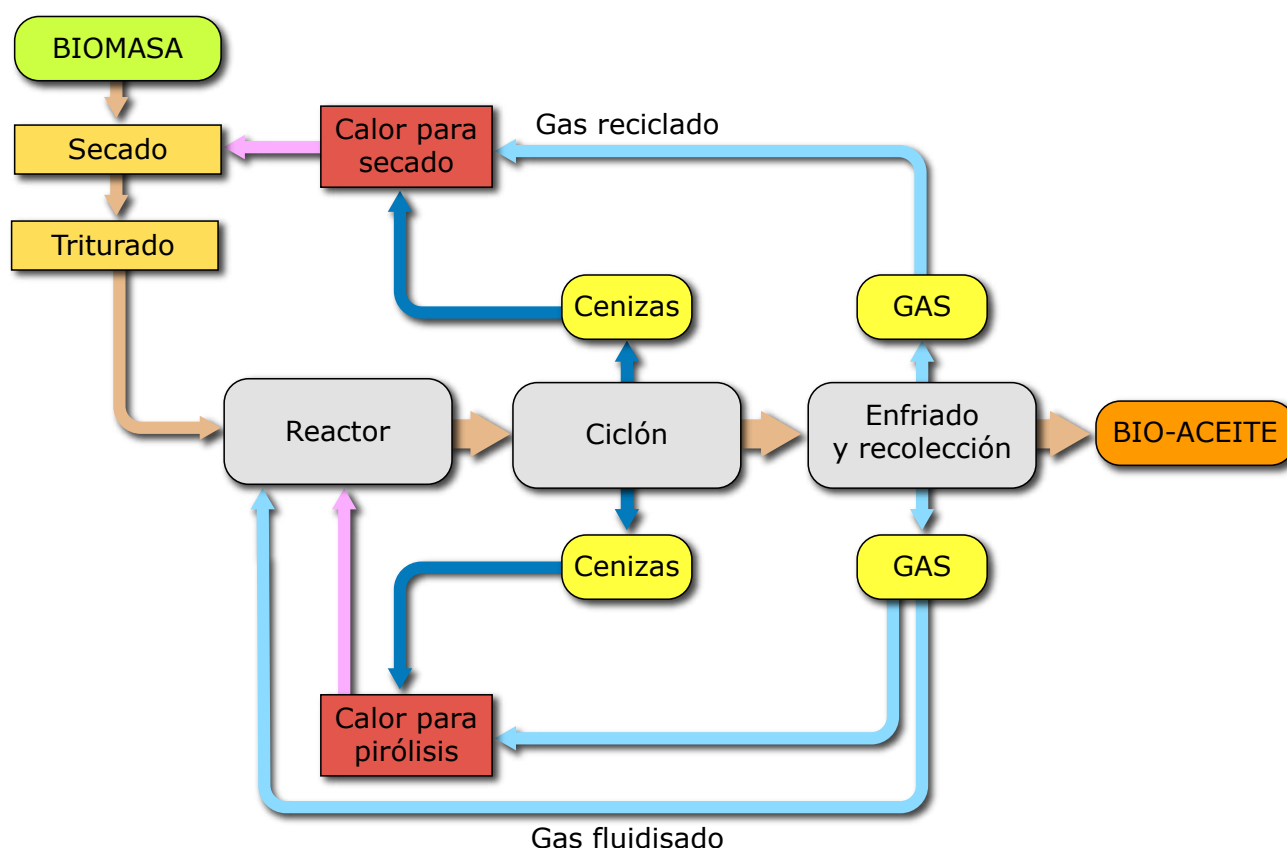


Figura 18.40. Esquema conceptual del proceso de pirólisis

Existen sofisticadas técnicas de pirólisis, como la denominada pirólisis súbita (Fast), que opera en tiempos cortos y a altas temperaturas ( $800^\circ\text{C}$ - $1.000^\circ\text{C}$ ), que permite obtener una pequeña parte de material sólido (10%) y convierte un 60% en gas rico en hidrógeno y monóxido





Figura 18.41. Planta de pirólisis

de carbono. Esto hace que la pirólisis súbita pueda competir con los métodos de gasificación convencionales.

Probablemente, este sea el proceso más idóneo para convertir los residuos sólidos urbanos (RSU) en compuestos de cierto interés.

**c) Procesos biológicos.** En estos procesos la biomasa húmeda se degrada gracias a la acción de microorganismos, que contiene la biomasa o que se incorporan al proceso, obteniéndose productos de alta densidad energética. Los dos procesos más conocidos son la digestión anaerobia y la fermentación alcohólica.

- *Digestión anaerobia:* Como su nombre indica la digestión anaerobia, como sucede con la pirólisis, se lleva acabo en ausencia de aire; pero en este caso la descomposición de la biomasa es debida a la acción de bacterias y no a altas temperaturas.

Los materiales de la biomasa que alimentan el proceso suelen ser residuos ganaderos (estiércol de animales, restos de animales muertos, etc.) (Figura 18.42), residuos obtenidos en depuradoras de aguas residuales (lodos) (Figura 18.7) y residuos de industrias orgánicas (azucarerías, papeleras, etc.). El pro-

El tiempo de residencia hidráulico (TRH) es aquel que la biomasa permanece dentro del digestor.



Figura 18.42. Recogida de residuos ganaderos



ducto resultante es el denominado biogás, que contiene, fundamentalmente, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y metano ( $\text{CH}_4$ ), junto con fango. Los componentes sólidos del fango pueden emplearse en la alimentación de animales o como fertilizante de terrenos.

El proceso de producción de biogás es bastante complejo, que se desarrolla en tres etapas. En la primera etapa (*hidrólisis*), una población de bacterias descomponen la materia orgánica en azúcares. En la segunda etapa (*acetogénica*), los azúcares se transforman en ácidos orgánicos. En la tercera etapa (*metanogénica*), se produce la transformación de las sustancias anteriormente obtenidas en metano ( $\text{CH}_4$ ) y gases ácidos ( $\text{SH}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ) (Figura 18.43)

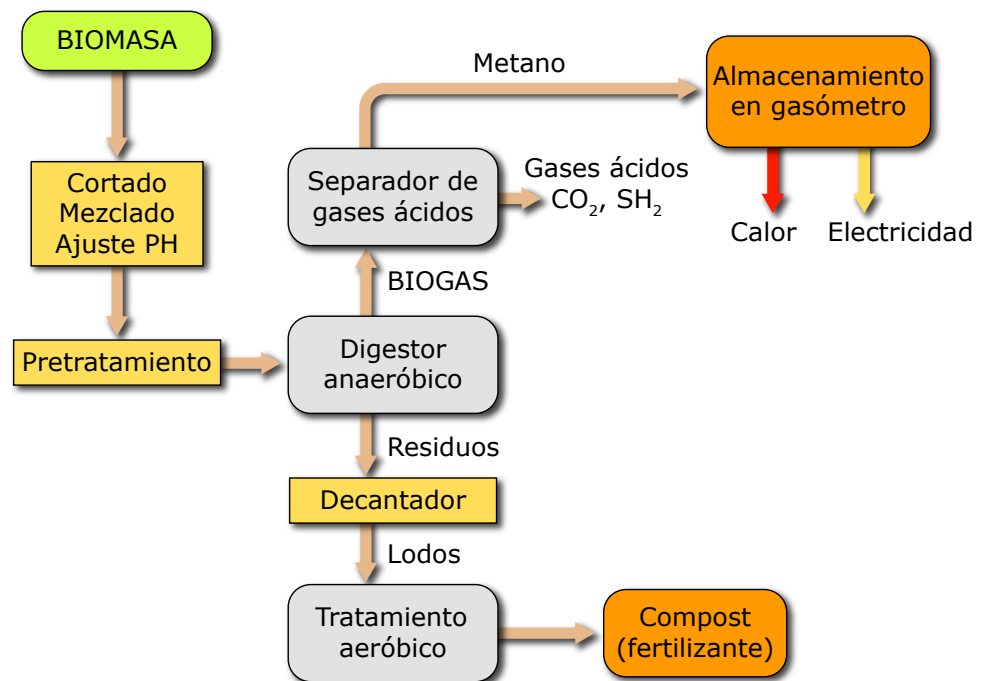


Figura 18.43. Esquema conceptual del proceso de digestión anaerobia

Los factores fundamentales que afectan al proceso son el tipo de biomasa y su composición, la temperatura del proceso, la acidez (determina la producción de biogás y el porcentaje de metano), el contenido de sólidos (no excesivamente líquido para que los microorganismos puedan alimentarse y no excesivamente espeso para que puedan moverse) y el tiempo de retención, que depende del tipo de biomasa, pero que se encuentra entre 10 días y un mes.

Los aparatos donde se lleva a cabo la digestión anaerobia se denominan *digestores* (Figura 18.44). Éstos se clasifican en *digestores continuos* y *digestores discontinuos* (en desuso) (Figura 18.45). En los segundos, como su nombre indica, el proceso se lleva a cabo de forma discontinua, es decir, el digestor no se rellena de biomasa fresca hasta que la biomasa que se introdujo en un tratamiento anterior haya fermentado (Tiempo de residencia hidráulica de 20 a 60 días), se haya recogido el gas producido, se haya almacenado en los llamados *gasómetros* y se haya vaciado la materia sólida no digerida.

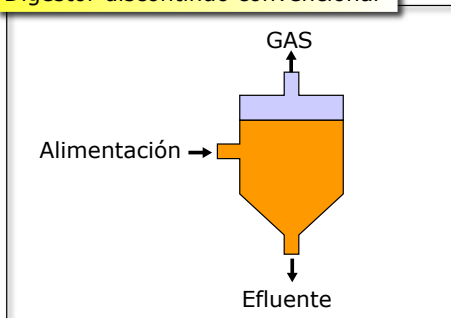
Los digestores continuos no cesan su actividad en ningún momento. La tipología de los mismos es muy variada. Entre ellos se pueden mencionar los *digestores de mezcla completa* (TRH entre 15 y 25 días), los cuales



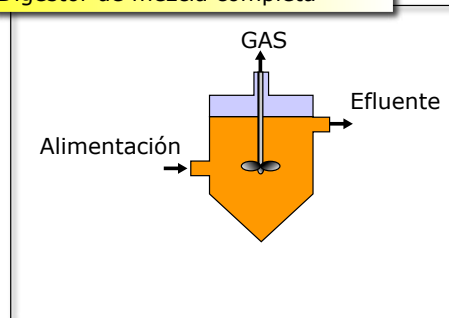


Figura 18.44. Digestor de biogás

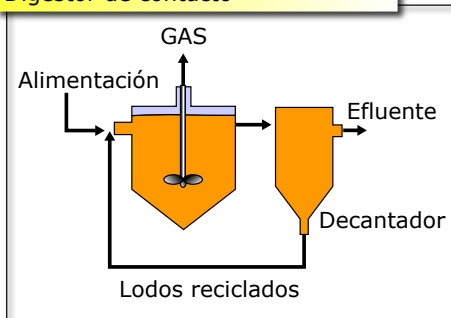
Digestor discontinuo convencional



Digestor de mezcla completa



Digestor de contacto



Digestor de filtro anaerobio

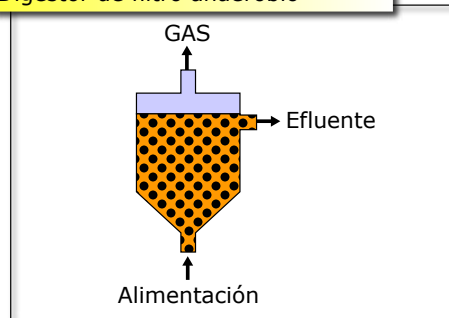


Figura 18.45. Tipos de digestores

cuentan con dispositivos de mezcla y sistemas de calefacción; digestores de contacto (TRH entre 4 y 8 días), que persiguen mejorar la flora bacteriana mediante el empleo de sistemas de realimentación; digestores de filtro anaerobio (THR entre 1 y 4 días), que retienen a las bacterias responsables del proceso mediante el uso de filtros inertes.

Las aplicaciones más usuales del biogás son: calentamiento, combustión de calderas de vapor convencionales y como combustible de motores de combustión interna destinados a la generación de electricidad.

Por otra parte, los residuos de la digestión se pueden destinar a la alimentación de animales y a la fertilización de terrenos.



- *Fermentación alcohólica:* Los azúcares (hidratos de carbono simples) que contienen las plantas pueden transformarse en alcohol por la intervención de determinados microorganismos. Asimismo, las plantas contienen almidones y celulosas (hidratos de carbono complejos), que pueden también transformarse en alcoholes, aunque mediante un proceso más complejo (figura 18.46). Los biocombustibles obtenidos del proceso son fundamentalmente el metanol [ $\text{CH}_3(\text{OH})$ ], o alcohol metílico, y el etanol [ $\text{CH}_3\text{-CH}_2(\text{OH})$ ], o alcohol etílico. Este último, es el que, actualmente, presenta mayores posibilidades de desarrollo.

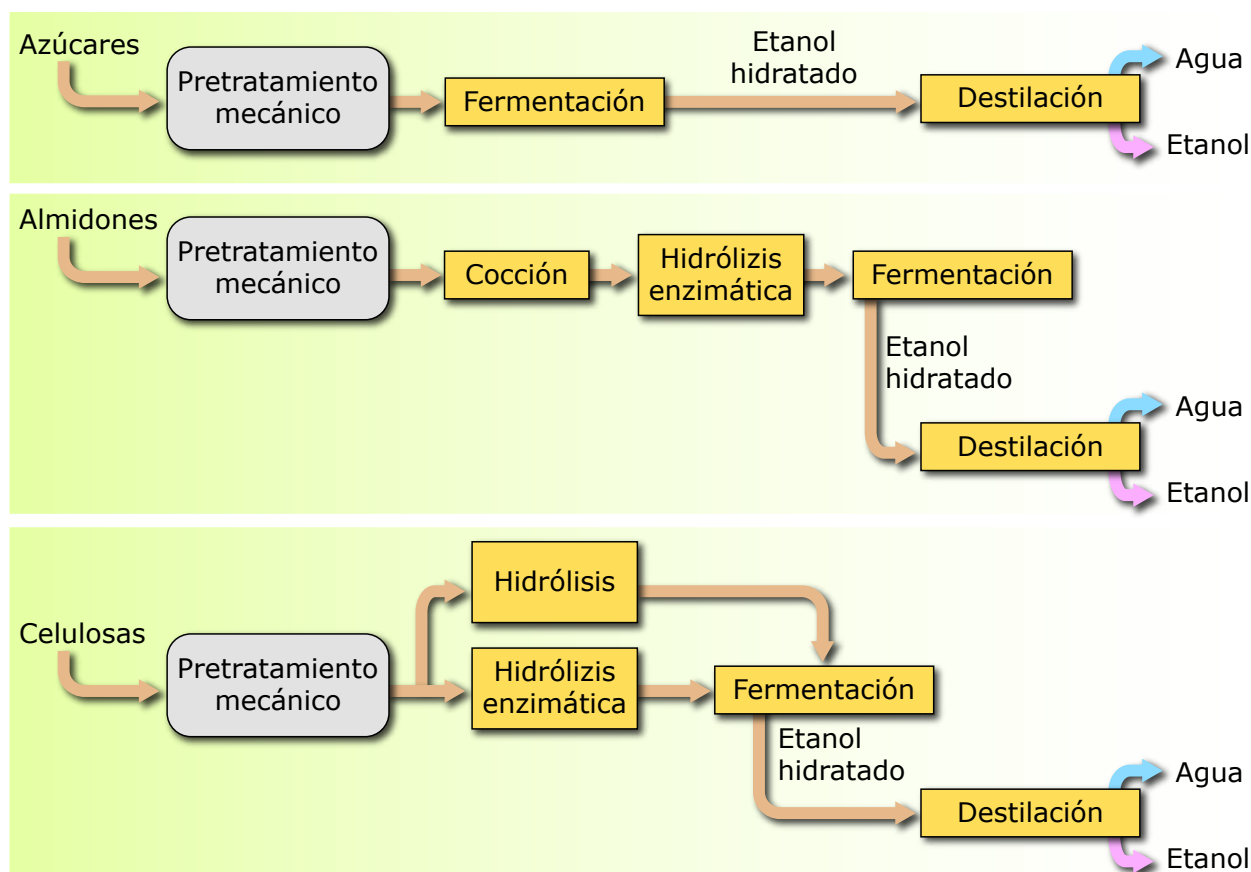


Figura 18.46. Esquema conceptual del proceso de fermentación alcohólica para la obtención de etanol

Mediante el pretratamiento mecánico (el más usual), se pretende aumentar la superficie de contacto de la biomasa en el tratamiento. Éste comprende la trituración, molienda, etc.

Los hidratos de carbono complejos se rompen mediante hidrólisis de microorganismos (hidrólisis enzimática) o mediante reactivos químicos (hidrólisis química).

Mediante el proceso de fermentación alcohólica se transforman los azúcares en etanol hidratado, gracias a la intervención de determinados microorganismos. Finalmente, el etanol es destilado con el objeto de liberarlo de agua.

El etanol puede usarse como combustible en motores de gasolina y en motores diesel (figura 18.47). En este último caso, se requiere modificar sustancialmente los motores, mientras que las modificaciones en los motores de gasolina, a veces, no son necesarias.





Figura 18.47. Empleo del bioetanol y biometanol como combustibles

**d) Otros procesos.** Dentro de este grupo se encuentran los procesos encaminados a la obtención de *biodiesel*, es decir, la producción de un biocombustible constituido por aceite obtenido a partir de semillas oleaginosas. El *biodiesel* puede ser utilizado como un sustituto del gasóleo (figura 18.48), o pueden mezclarse con éste en diversas proporciones. La biomasa utilizada para la fabricación de *biodiesel* puede estar constituida por diversas semillas: girasol, colza, soja, semilla de cardo, etc.



Figura 18.48. Empleo de biodiesel en el transporte



El proceso de obtención de *biodiesel* que mayores ventajas presenta es la *esterificación* (Figura 18.49). Los aceites de semillas oleaginosas, después de un proceso de extracción y refinado, son sometidos a un proceso químico con el propósito de obtener éster metílico. Los aceites vegetales están constituidos por moléculas de triglicéridos, conectadas a la glicerina a través de enlaces de ésteres. En el proceso se sustituye la glicerina por metanol (alcohol metílico) que se añade al proceso, obteniéndose moléculas lineales parecidas a las de los hidrocarburos presentes en el diesel.

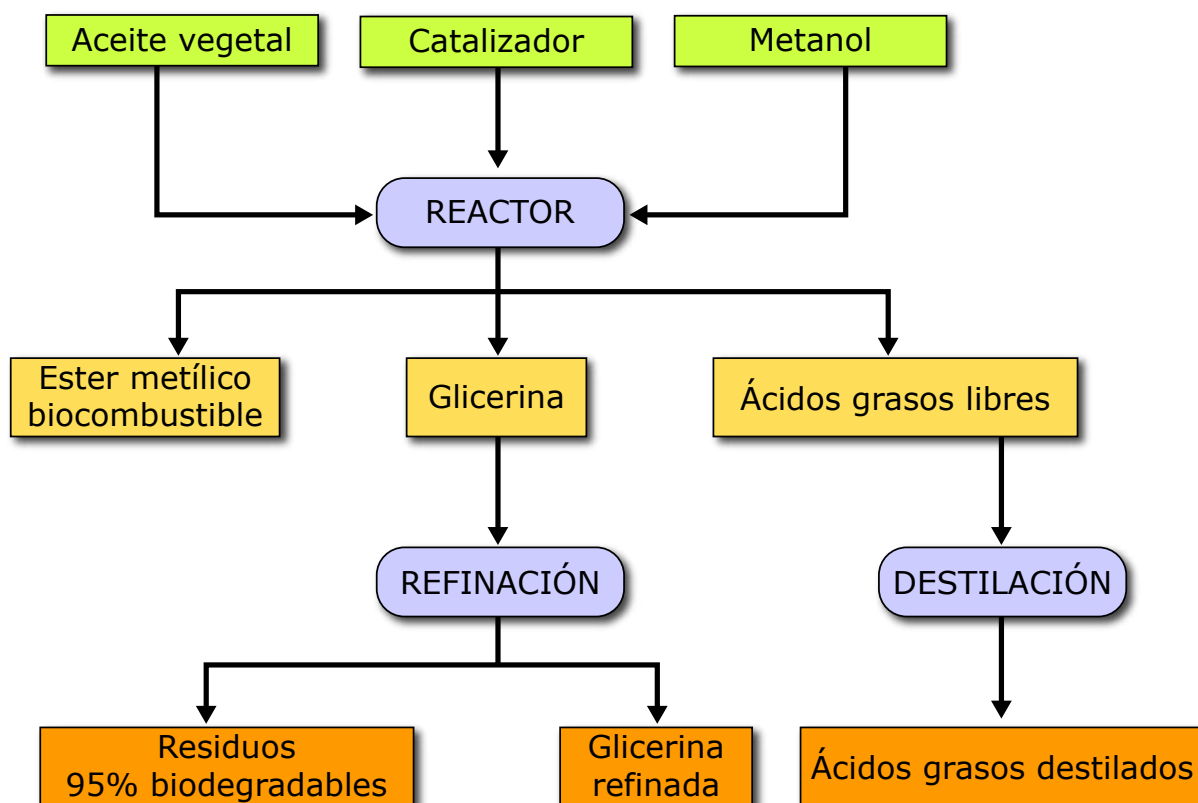


Figura 18.49. Esquema conceptual del proceso de esterificación

El empleo de catalizadores permite que la reacción pueda llevarse a cabo bajo temperaturas y presiones inferiores a las que se precisan si la reacción se efectúa de forma natural.

Las distintas fases del proceso dan lugar a la obtención, además del biodiesel, de dos coproductos: *torta agotada*, rica en proteínas, la cual es apropiada para utilizarse como pienso, y *glicerina*.

### **Tecnología utilizada en el aprovechamiento de los Residuos Sólidos Urbanos.**

Como ya se ha mencionado, los RSU se originan, básicamente, como resultado de la actividad humana en su domicilio, aunque también se suelen incluir los residuos que se generan en pequeñas industrias y que no tienen utilidad.

El incremento del consumo en el mundo desarrollado ha llevado aparejado el incremento en la generación de residuos, que amenaza al medio ambiente.

Existen varias opciones para eliminar los RSU, entre éstas se encuentra la recuperación energética (figura 18.50)



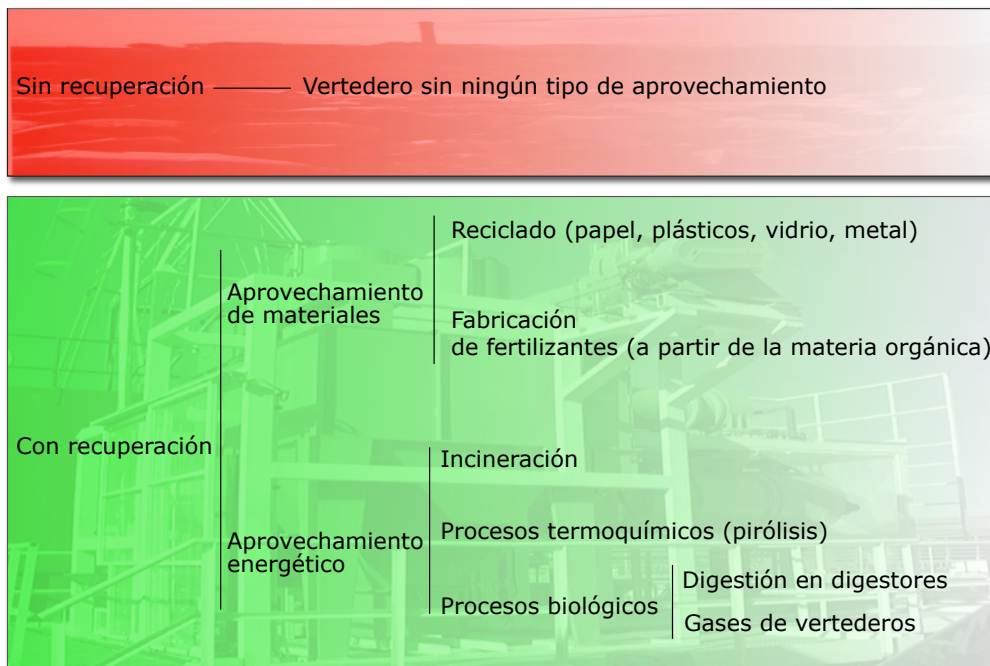


Figura 18.50. Posibles actuaciones para eliminar los RSU

Los diversos procesos a que pueden someterse los RSU con el propósito de extraer su energía química almacenada ya han sido descritos anteriormente, sin embargo, debido a las características particulares de estos residuos (composición muy heterogénea), se describirán aquí los diferencias principales con los procesos ya comentados, las cuales se centran fundamentalmente en los pretratamientos y post-tratamientos empleados.

La composición física de los RSU es muy variada y depende de muchos factores. Una composición típica suele estar integrada por un porcentaje alto (50%) de materia orgánica, que es fermentable; otro porcentaje, también relativamente alto (35%), de material con la propiedad de ser combustible (papel-cartón, maderas, textiles, plásticos, etc.); y, el resto, constituido por materiales tales como vidrios, metales, etc.

El proceso de recuperación energética más ampliamente utilizado desde hace décadas es la incineración (figura 18.51)

Los camiones (figura 18.52), una vez recogidos los residuos, se encargan de transportarlos hasta la planta incineradora, donde los vierten en un foso de almacenamiento.

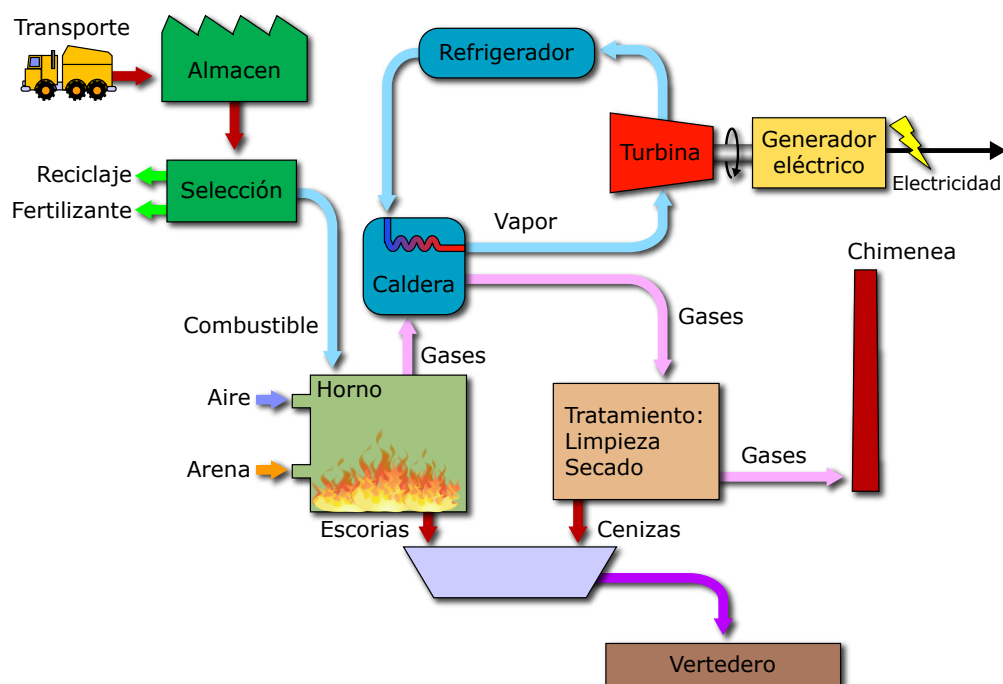


Figura 18.51. Esquema conceptual del proceso de incineración de RSU





Figura 18.52. Recogida de residuos sólidos urbanos

Dependiendo del tipo de instalación, los residuos pueden pasar a alimentar los hornos o pueden ser sometidos previamente a procesos de separación en distintos tipos de materiales, con el propósito de reciclar parte del material (si no han sufrido una selección en origen), y/o destinar la materia orgánica a la fabricación de fertilizantes.

En el horno, de los que existen varios tipos (parrillas, rotativos, lecho fluido), se lleva a cabo la combustión de los residuos, transmitiéndose el calor generado por los gases producidos a una caldera donde el agua que circula por sus tubos se convierte en vapor de agua. Este vapor puede emplearse para accionar una turbina de vapor, la cual mueve un generador eléctrico que se encuentra mecánicamente acoplado a la misma. El vapor, una vez cedida la presión a los álabes de la turbina, se condensa, bien en una torre de refrigeración o en un condensador refrigerado por aire.

La combustión, debido a la diversidad de materiales que componen el combustible (basura mezclada con arena, dolomita y calizas como neutralizantes), se lleva a cabo con exceso de aire para lograr la combustión completa.

Los gases producidos en la combustión de los residuos deben de ser tratados antes de ser expulsados a la atmósfera, a través de una chimenea. Estos tratamientos tienen como objetivo depurar los gases mediante la eliminación de sus contaminantes, fundamentalmente las sustancias tóxicas (dioxinas y furanos).

Los métodos típicamente empleados en el tratamiento de los gases son dos: pulverización de reactivos semihúmedos (agua y cal) con filtrado de partículas y secado, y lavado y secado de gases. Los residuos recogidos de estos tratamientos pueden a su vez ser tratados.

Los residuos del proceso, es decir, las escorias de la combustión y las cenizas de los tratamientos de los gases generados, se trasladan a un vertedero de seguridad.



La materia orgánica enterrada en los vertederos sufre un proceso de descomposición que da lugar a la generación de gases (metano). Este gas puede ser captado mediante la instalación de tuberías perforadas que permiten recogerlo y conducirlo a la superficie (figura 18.53)

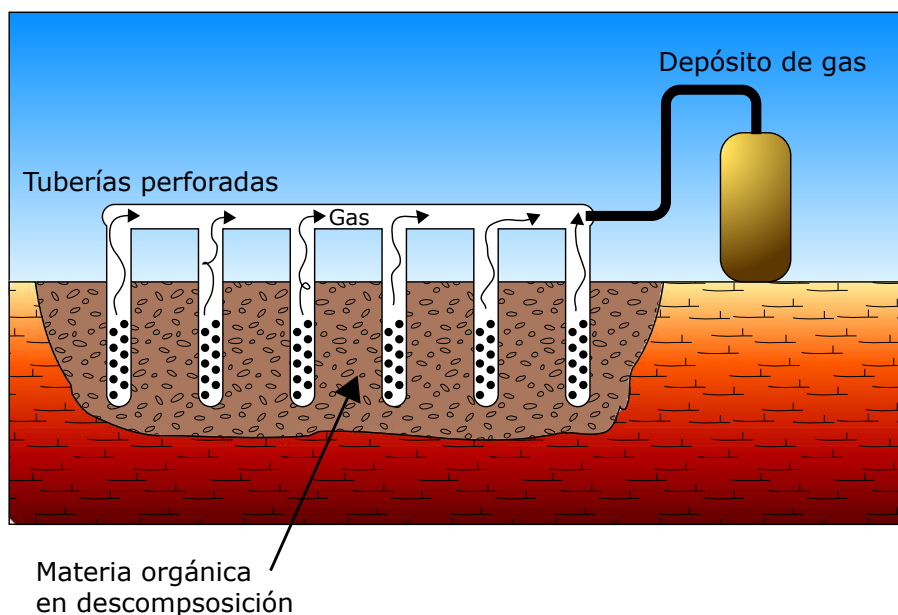


Figura 18.53. Esquema conceptual de la recuperación y aprovechamiento de gases de vertedero

Existen compañías como Highland Energy Inc. (corporación privada canadiense) que diseñan, construyen y mantienen sistemas de captación de gas de invernadero. El sistema de captación de gas consiste en pozos perforados verticalmente (figura 18.54) y una serie de tubos laterales. La extracción del gas se lleva a cabo mediante soplantes. Asimismo, Highland



Figura 18.54. Instalaciones de captación de gases de invernadero (Highland Energy Inc.)



Energy Inc., ha desarrollado un sistema de energía modular para convertir el gas de invernadero en energía eléctrica (figura 18.55)



Figura 18.55. Sistema modular de conversión de gas de invernadero en energía eléctrica (Highland Energy Inc)

## 18.4. Costes

La rentabilidad de la explotación energética de la biomasa está condicionada por el tipo de biomasa y tecnología empleada y por la consideración o no de las denominadas externalidades (costos asociados a los daños a la salud que pueden producir las distintas tecnologías energéticas, desde la etapa de fabricación de sus componentes hasta finalizar su vida útil).

En el caso de aplicaciones domésticas, el coste depende del tipo de uso: calefacción centralizada, aplicaciones domésticas colectivas y aplicaciones domésticas individuales.

En aplicaciones domésticas individuales, el coste depende de la utilización particular que se trate (cocina, estufa, chimenea, etc.) y de la potencia térmica instalada, así como del coste del combustible (briquetas, pellets, etc.). El coste de estos últimos es muy variable, pero a título orientativo puede estimarse comprendido entre 0,15 euros/kg y 0,3 euros/kg.

En aplicaciones colectivas, el coste depende de los costes de inversión, tanto de la planta térmica como de la red de tuberías de distribución, de los costes de operación y mantenimiento y de los costes del combustible.

Los costes de inversión de la planta térmica son función de la capacidad instalada, la cual es a su vez función del número de viviendas que utilizarán el calor generado y de las condiciones climáticas de la zona de implantación. Para unas condiciones climáticas suaves y 1.000 viviendas, los costes promedio de inversión en la planta pueden estimarse en 700 euros/vivienda.



Los costes asociados a la red de distribución dependen fundamentalmente del tamaño de la red. Así, para una longitud de red de 10 kilómetros se estima una inversión promedio, en este concepto, de 70 euros/metro.

En el caso de plantas de producción eléctrica alimentadas de biomasa, el coste del kWh generado está ligado a los costes de amortización de la inversión, a los costes de combustible y a los costes de operación y mantenimiento.

Entre estos costes, el generado con la adquisición del combustible (biomasa) representa aproximadamente el 50% del coste de la unidad energética generada.

Debido a que la biomasa puede presentar variaciones en su contenido energético, la compra de la misma se lleva a cabo utilizando como unidad de medida la *termia*; representado una termia mil kilocalorías, y su coste de adquisición suele ser del orden de un céntimo de euro.

Los costes de inversión son función de la capacidad instalada y del tipo de tecnología utilizada. A título de orientación podría indicarse que, para una capacidad instalada de 40MW, se precisaría una inversión de 50 millones de euros. Estos costes pueden suponer aproximadamente un 30% de los costes de la unidad energética generada.

En la figura 18.56 se indica, a título de guía, una distribución media de los distintos costes de inversión.

Los costes de operación y mantenimiento dependen de la fiabilidad de la planta y de los tratamientos y desplazamientos internos de la materia prima, pero puede estimarse que para una planta de tamaño medio estos costes suponen aproximadamente entre un 16% y un 22% del coste de la unidad energética generada.

Como ya se ha mencionado, el biogás se obtiene como consecuencia de una serie de actividades encaminadas a paliar los problemas originados por los residuos generados en determinados sectores, fundamentalmente en el sector ganadero (residuos ganaderos) y en el sector doméstico (RSU). Por tanto, los costes generados en la producción de biogás no deben contemplar todos los costes de la instalación completa, sino únicamente los costes de acondicionamiento de las mismas para adaptarlas a la producción energética. Se estima que dichos costes de acondicionamiento son inferiores al 25% del coste de la instalación global.

Los costes de producción de biocombustibles, tales como el biodiesel y el bioetanol, dependen de los costes de la materia prima, de los costes de inversión de las plantas de producción y de los costes de operación y mantenimiento.

La economía de escala influye de forma acusada en los costes de inversión de este tipo de instalaciones. De forma aproximada, puede indicarse que en el caso de una planta de producción de bioetanol deshidratado a partir de

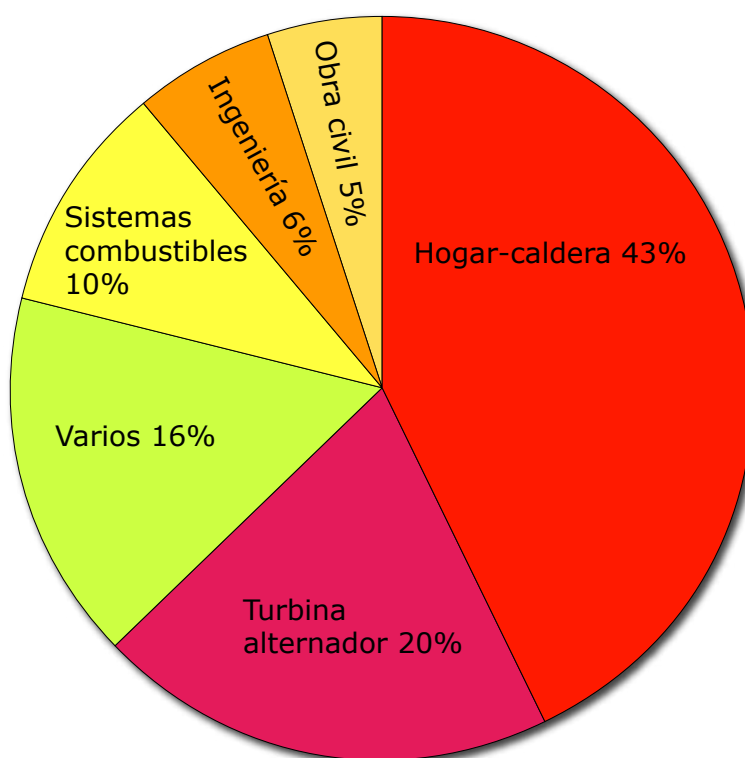


Figura 18.56. Distribución porcentual de los costes de inversión



cereales, con una capacidad anual de cien mil metros cúbicos, los costes de inversión se elevan a 55.000 euros, mientras que con una planta de veinte mil metros cúbicos de capacidad el coste puede estimarse algo superior a 12.000 euros.

En el caso de una planta de producción de biodiesel mediante esterificación, los costes aproximados de inversión para una capacidad anual de producción de 30.000 metros cúbicos se aproximan a los 2 millones de euros, mientras que con una planta de cinco mil metros cúbicos de capacidad el coste puede estimarse alrededor de 250.000 euros.

## 18.5. Impacto ambiental

La biomasa, siempre que se explote racionalmente, es decir, no se utilicen cantidades superiores a las que la naturaleza es capaz de reponer, constituye una fuente de energía renovable.

Como se desprende de la lectura de los apartados anteriores, el aprovechamiento de la biomasa se lleva a cabo por procesos (generalmente térmicos), que generan sustancias contaminantes. Sin embargo, la utilización racional de la biomasa como recurso energético no contribuye, a diferencia de los combustibles fósiles, al incremento de la proporción de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) presente en la atmósfera. Además, los biocombustibles generan aproximadamente un 65% menos de  $\text{CO}_2$  que los equivalentes combustibles fósiles.

Pero, como ya se ha indicado, el dióxido de carbono y el agua no son los únicos productos resultantes del uso de los combustibles. Dependiendo del tipo de biomasa y del proceso y tecnología utilizada en la recuperación de la energía contenida en la misma es posible obtener residuos y productos contaminantes, en menor o mayor proporción.

En el caso de los residuos agrícolas, forestales e industriales, debido a que en su composición no figuran porcentajes importantes de elementos tales como el azufre, los compuestos tóxicos (óxido de azufre, que puede transformarse en ácido sulfúrico y favorecer la denominada lluvia ácida) que pueden producirse es posible eliminarlos mediante sencillos sistemas de limpieza y filtrado de los humos producidos. Asimismo, mediante un adecuado control del proceso de combustión es posible reducir la obtención de óxidos de nitrógeno. Con respecto a las emisiones de hidrocarburos (algunos de ellos catalogados de cancerígenos), fenoles, etc., que pueden generarse en los procesos termoquímicos (pirólisis, gasificación), hay que señalar que es posible prevenirlos mediante un adecuado control y gestión de las instalaciones.

En el caso de los residuos ganaderos, aguas residuales urbanas, etc., que suelen ser sometidos a procesos de digestión anaerobia, hay que recalcar que su explotación supone una ventaja medioambiental, en el sentido que se depuran residuos orgánicos contaminantes que inevitablemente se generan en los sectores mencionados, y que los residuos pueden emplearse como fertilizantes orgánicos. Como impacto negativo de la exploración energética de este tipo de biomasa, aunque bastante menor que el generado por otros combustibles, puede mencionarse la producción de algunos gases contaminantes (por ejemplo, sulfuro de hidrógeno, en el caso de la digestión anaerobia de residuos animales)

Probablemente, en el aprovechamiento energético de los residuos sólidos urbanos, es donde puede generarse un mayor porcentaje de productos



contaminantes, los cuales se encuentran fundamentalmente en los gases generados.

Los recelos de la población a la instalación de plantas de aprovechamiento de RSU están ligados con la potencial generación de compuestos tóxicos de hidrocarburos que contienen cloro, es decir, furanos y dioxinas. Sin embargo, las actuales plantas de incineración producen porcentajes muy bajos de estos tóxicos.

La utilización de adecuados postratamientos a los gases emitidos permite la limpieza de una gran parte de las sustancias que estos contienen (monóxido de carbono, partículas metálicas en suspensión, metales en estado gaseoso, óxidos de azufre y de nitrógeno, hidrocarburos policíclicos clorados, etc.)

Otro potencial impacto ambiental de los RSU lo constituyen los olores. Sin embargo, con una correcta recepción y almacenamiento de los mismos estos no se presentarían.

Como impacto medioambiental positivo, además de recuperar el alto valor energético que contienen los RSU, puede señalarse la considerable reducción de vertederos que lleva aparejada la incineración de dichos residuos.

Los cultivos energéticos presentan una serie de impactos positivos, entre los cuales se pueden señalar los siguientes: a) los biocarburantes producidos son biodegradables, por lo que no producen impactos negativos importantes en el caso de vertidos accidentales; b) los biocarburantes pueden sustituir el plomo y los hidrocarburos aromáticos de las gasolinas por compuestos oxigenados, reduciendo así la contaminación; c) si los cultivos energéticos se practican en terrenos abandonados se evita la degradación y erosión del suelo.

## 18.6. Situación actual

En la actualidad, incluso los países avanzados están analizando distintas estrategias para reducir su dependencia de los combustibles fósiles. Entre las alternativas consideradas para satisfacer una parte de sus necesidades energéticas se encuentra la explotación de la biomasa.

Francia lidera el consumo de biomasa en la Unión Europea (UE), con más de 9 millones de toneladas equivalentes de petróleo. Este consumo se centra, fundamentalmente, en aplicaciones del sector doméstico y de servicios. Suecia obtiene ya un 10% de su energía de desechos forestales y agrícolas, y Finlandia, el 14%. Estos dos países de la UE centran el consumo en el sector industrial. En el Reino Unido existen proyectos para producir alcohol en fermentadores en proceso continuo, que son lo suficientemente rápidos y el alcohol lo bastante concentrado, como para poder competir con la gasolina como combustible para el transporte.

EE.UU. ha instalado más de 9GW en plantas de generación de energía eléctrica mediante la utilización de biomasa y obtiene el 4% de la energía que necesita de esta fuente.

En algunos países la explotación de la biomasa, a gran escala, es un hecho. Por ejemplo, en Brasil, las vastas extensiones de terreno, la elevada productividad agrícola y los altos niveles de precipitaciones y sol, han hecho que el proceso de obtención masiva de etanol, a partir de melazas de caña de azúcar o de pulpa de mandioca, para ser utilizado como combustible haya sido ideal. Más de 2 millones de vehículos funcionan con alcohol casi puro y unos 8 millones más utilizan una mezcla de gasolina y etanol.



Determinados escenarios indican que la biomasa, a mediados de este siglo, podrá contribuir a la energía mundial con aproximadamente 200EJ anuales. Esto podría conseguirse con el uso de unos 400 millones de hectáreas de tierra (alrededor de un 2,5% de la superficie total de terreno); la recuperación de energía de entre un cuarto y tres cuartos de los residuos; y el empleo de sistemas de conversión de alto rendimiento, resultado de la mejora de los métodos de combustión y el empleo de técnicas avanzadas para la generación de energía a partir de la biomasa.