



**Universidad
Europea** CANARIAS

COLEGIO MADRE ALBERTA - Yaundé (Camerún)
**"ARQUITECTURA PARA EDUCAR,
construyendo la comunidad del futuro"**

MEMORIA TFM - MÁSTER HABILITANTE EN ARQUITECTURA

Tutores: Cristina González Vázquez de Parga y Fernando Martínez Soto

Alumna: Elena Sáez Miguel



ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	5
2.	ANÁLISIS CONTEXTUAL	6
2.1.	ANÁLISIS SOCIOCULTURAL CAMERÚN	6
2.1.1.	Geografía	6
2.1.2.	Economía	7
2.1.3.	Etnias	8
2.2.	ANÁLISIS TERRITORIAL	9
2.2.1.	Evolución urbana	9
2.2.2.	Topografía y espacios naturales	10
2.2.3.	Hidrografía	11
2.3.	ANÁLISIS URBANO	12
2.3.1.	Plan urbanístico vigente	12
2.3.2.	Tejido urbano	14
2.3.3.	Movilidad	16
2.3.4.	Equipamientos	17
2.3.4.1.	Equipamientos educativos	17
2.4.	ANÁLISIS CRÍTICO	19
2.4.1.	DAFO	19
3.	FUNDAMENTOS DEL PROYECTO	22
3.1.	Puntos clave de la propuesta	25
3.2.	Normativa BOE requerimientos mínimos de espacios	28
3.3.	Normativa TMA 851: Accesibilidad en espacios exteriores	29
3.4.	Tablas de superficies	30
3.5.	Edificio de secundaria	31
4.	ESTRUCTURA y SISTEMA CONSTRUCTIVO	34
4.1.	Protección frente a la humedad	36
4.2.	Cubierta metálica	37
4.3.	Fachadas y muros de ladrillos BTC	41
4.3.1.	<i>Eco-brick Cameroun</i>	42
5.	CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA	49



5.1.	Normativa seguridad contra incendios (CTE DB SI)	49
5.1.1	SI 3	49
5.2.	Reglamento de Baja Tensión	52
5.2.1.	Esquema de circuitos por planta	54
5.2.2.	Luminarias	56
5.2.3.	Placas solares fotovoltaicas	58
5.3.	AFS ABASTECIMIENTO AGUA CTE DB-HS 4 (Anexo A)	59
5.3.1.	Suministro a BIE 25 mm	61
5.3.2.	Dimensionado de aljibe para suministro agua a las Bocas de incendio equipadas	61
5.4.	RECOGIDA DE AGUAS (CTE DB-HS5)	62
5.4.1.	Aguas pluviales	62
5.4.2.	Aguas residuales	63
5.5.	Normativa recogida y evacuación de residuos (CTE DB HS2)	64
6.	PRESUPUESTO	65
7.	CONCLUSIÓN	67

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto pretende dar respuesta a la necesidad de educación especialmente para las niñas y la escasa oferta de centros educativos que hay actualmente en Camerún, particularmente en las zonas rurales.

A lo largo del análisis, se desarrollarán más en detalle las diferentes problemáticas que se dan en Camerún, pero para poner en contexto la propuesta, es necesario comentar que actualmente en el país hay un éxodo rural debido a la deforestación de grandes zonas de selva por la tala descontrolada de madera para su venta a países extranjeros. Debido a esto, algunas de las etnias están viendo la necesidad de buscar nuevos lugares donde vivir tras la pérdida de su hábitat natural.

Este es el caso por ejemplo de los pigmeos bagyelis, una tribu nómada que vive en la selva del sur del país, y que se mantiene gracias a la caza y la recolección. A día de hoy, se encuentran en peligro y su única manera de insertarse en la sociedad y de defender sus derechos es a través de la educación. En las zonas próximas a la selva disponen de algunas escuelas para la etapa de infantil y primaria que les permiten ese primer acceso a la educación, como la escuela en la misión de Ngovayang que dirigen las hermanas de la Pureza de María. Pero en cambio, en muchos poblados no tienen escuelas secundarias que den continuidad a los estudios y les permitan acceder a estudios superiores y se encuentran con problemas de rechazo por parte de otras etnias.

Es por todo esto, que se plantea realizar el proyecto de una escuela con todas las etapas: infantil, primaria y secundaria, en Yaundé, para generar una escuela que pueda acoger a estos niños provenientes de zonas rurales, así como aumentar la oferta educativa local que en estos momentos es deficiente en las zonas periféricas. Es una propuesta que pretende poner en valor la educación y la importancia de centros educativos de calidad, donde todos tengan acceso.



Ilustración 1. Escuela infantil y primaria en la misión de Ngovayang, Camerún. Zona de selva en el sur del país, próximo a la localidad de Lolodorf y perteneciente al departamento Océan

2. ANÁLISIS CONTEXTUAL

2.1. ANÁLISIS SOCIOCULTURAL CAMERÚN

Para empezar a reconocer mejor la realidad en la que se inserta el proyecto, se empieza describiendo brevemente algunas de las condiciones socioculturales y económicas del país, para poder entender el papel de Yaundé a nivel de país, y la realidad de la zona periférica donde se ubica la escuela que se propone.

2.1.1. Geografía

Camerún está situado en África central, en la costa atlántica del Golfo de Guinea. Tiene una población de 27.912.000 habitantes y un porcentaje de población urbana del 58%. La capital política es Yaundé, con más de 2.765.000 habitantes, una densidad de 5.691 hab/km² y una tasa de crecimiento poblacional de 6,8%. Es la segunda ciudad en número de habitantes del país, después de Duala que es la capital económica, y que tiene más de 2.770.000 habitantes.



Ilustración 2. Distancia y relación de Yaundé con las capitales de los países fronterizos

El índice de desarrollo humano del país (según datos del 2020), es de 0,56 lo que hace que ocupe el puesto 153 de 189 países. Además, cuenta con un 45,4% de la población en condiciones de pobreza multidimensional.



Yaundé



Douala



Ngong

Por su localización, muy próxima al ecuador, el clima de Camerún es de tipo ecuatorial, lo que hace que sea cálido y húmedo, con una humedad relativa que normalmente es superior al 60-70%. Así mismo, se distinguen cuatro estaciones: dos estaciones secas (diciembre-febrero y julio-agosto) y dos lluviosas (marzo-junio y septiembre-noviembre) alternadas con diferente intensidad de precipitación.

2.1.2. Economía

Las actividades principales para el desarrollo económico del país en estos momentos son el sector primario y el transporte.

- Sector primario: Tiene un impacto muy importante, principalmente en los ámbitos de la industria agroalimentaria, la maderera y la industria textil.
- Transporte: Por la ubicación del país y su posición estratégica para el comercio y la conexión con los países circundantes y con dos puertos de mar de gran envergadura, el transporte es un sector relevante para la economía del país, ya que a través de sus carreteras y del ferrocarril, se distribuyen la mayoría de las mercancías que transitan desde el puerto de Duala hacia el resto de Camerún y de los países vecinos sin litoral. (Ilustraciones 2 y 3)

Las exportaciones de Camerún se concentran en hidrocarburos, madera y derivados y cacao. En 2020 China se situó como el primer comprador de bienes cameruneses, con el 21,5% del total.

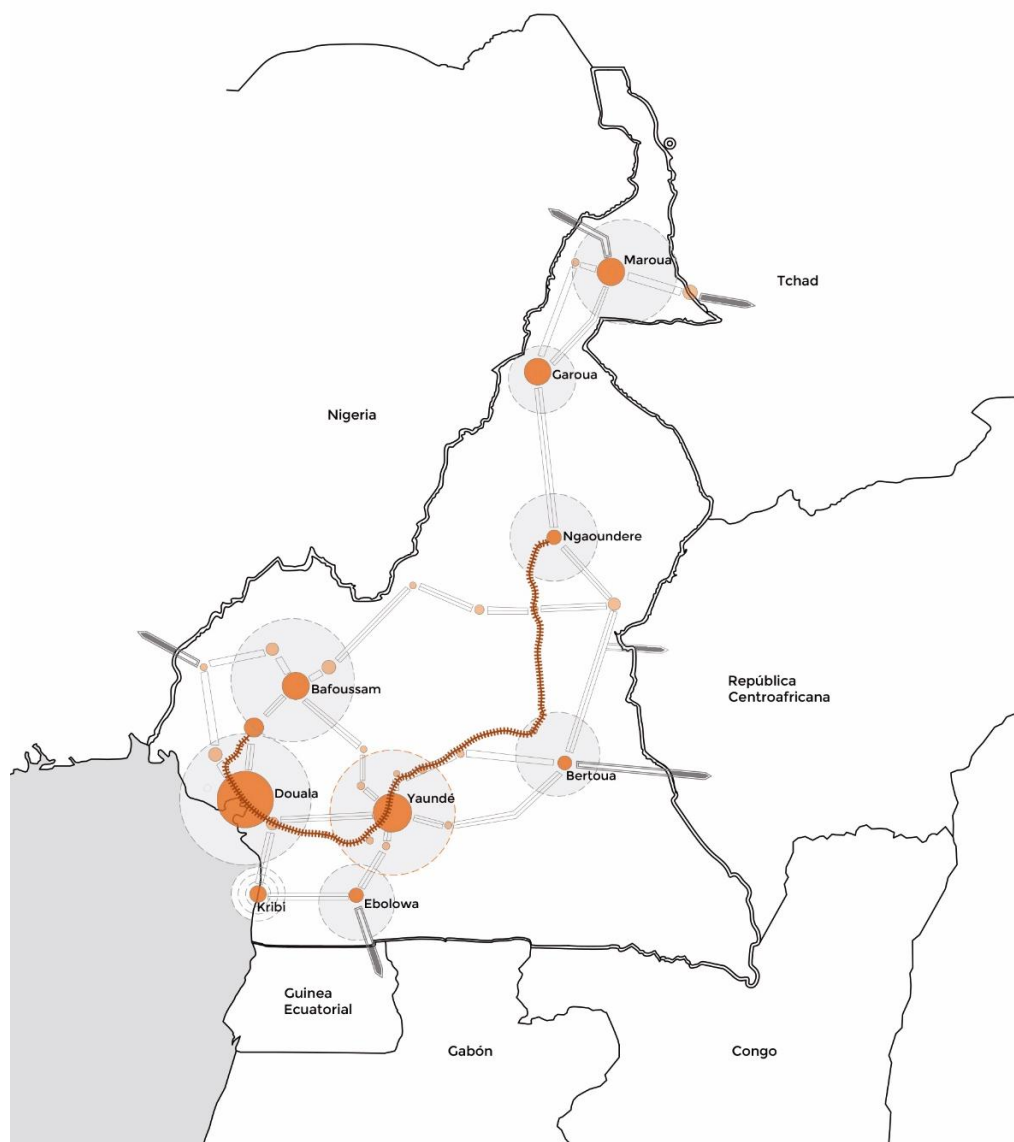


Ilustración 3. Ciudades más relevantes de Camerún y sus conexiones principales

2.1.3. Etnias

Una de las características culturales más importantes del país es la diversidad de etnias que conviven y conservan su historia y sus tradiciones vivas. La mayor parte de la población la constituyen campesinos de etnia bantú que viven en pequeñas ciudades o pueblos en el sur y centro de Camerún. En cambio, un gran número de grupos seminómadas que forman la etnia sudanesa habitan en el norte, mientras que en el interior de la selva hay todavía algunas comunidades de pigmeos bagyeli.

La etnia más amenazada actualmente es el pueblo pigmeo debido a la deforestación de la selva, a la mala relación con los bantúes y a la presión humana que amenaza las zonas de reserva natural no solo para ellos sino también para la fauna.

2.2. ANÁLISIS TERRITORIAL

2.2.1. Evolución urbana

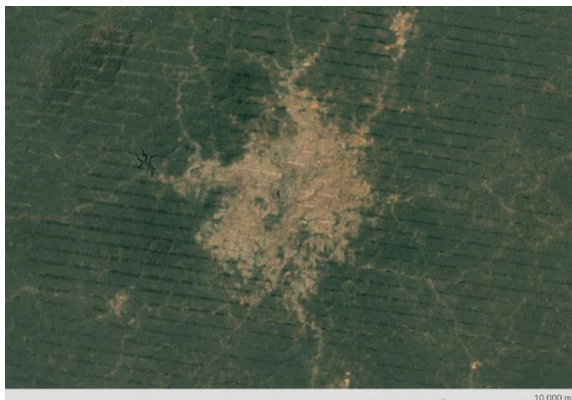
Yaundé, es una ciudad que ha vivido en las últimas décadas un fuerte crecimiento, tanto en aumento de población como en extensión en el territorio. Se pueden destacar tres etapas en los últimos 60 años:



1956-1980

Las personas provenientes del campo se sitúan en las partes altas de la ciudad y progresivamente van ocupando las laderas hasta los valles. Se produce una urbanización espontánea y se empieza a construir en terrenos húmedos y poco aptos.

Ilustración 4. Ortofoto Yaundé 1960



Años 80-90

Fueron años de una relativa prosperidad económica y algunas inversiones importantes en la construcción de edificios públicos administrativos y también en infraestructura pública en el centro de la ciudad. Hay una densificación de la ciudad.

Ilustración 5. Ortofoto Yaundé 1980



2000-2023

Dada la alta densificación del centro, se duplica la población de la ciudad y el crecimiento se empieza a dar más allá de los límites iniciales de la ciudad, mayoritariamente con construcciones de poca altura y con un crecimiento horizontal de la ciudad y sin planeamiento urbano.

Ilustración 6. Ortofoto Yaundé 2023

Año	Superficie (ha)	Tasa de progreso del último periodo (%)	Tasa de progreso anual medio del último periodo (%)
1956	1.740	-	-
1980	5.300	205	8,2
2002	15.900	200	9,1

Tabla 1. Datos del crecimiento de la ciudad (Plan Director Urbanístico Yaundé 2020)

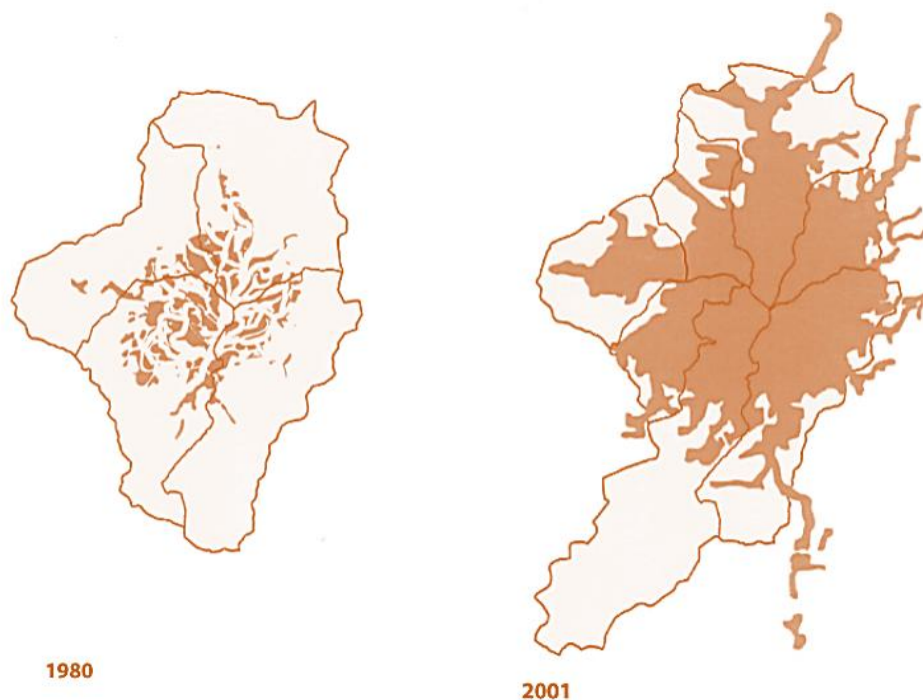


Ilustración 7. Esquemas del crecimiento de Yaundé (Plan Director Urbanístico Yaundé 2020)

2.2.2. Topografía y espacios naturales

El relieve de la ciudad es especialmente accidentado, convirtiéndose en el elemento característico que organiza y condiciona su desarrollo urbano. Esta topografía singular es la que da origen al sobrenombre de Yaundé como la **“ciudad de las siete colinas”**, configuración que estructura su territorio en siete barrios principales. El monte más destacado es Mbankolo, que alcanza los 1.200 metros de altitud, mientras que las mesetas circundantes presentan una altitud media que oscila entre los 700 y 800 metros.

Debido al clima extremadamente húmedo y a la presencia de dos estaciones de lluvias intensas, el entorno de Yaundé cuenta con una notable presencia de espacios naturales. Sin embargo, en su mayoría no son accesibles ni están habilitados para el disfrute de la población. Además, el crecimiento urbano descontrolado —como se ha mencionado en el apartado anterior— ha dado lugar a una ocupación anárquica del territorio, afectando gravemente muchas de las reservas naturales.

Esta expansión desordenada ha provocado fenómenos como la erosión del suelo y frecuentes deslizamientos de tierra, agravando la vulnerabilidad ambiental de la ciudad.

2.2.3. Hidrografía

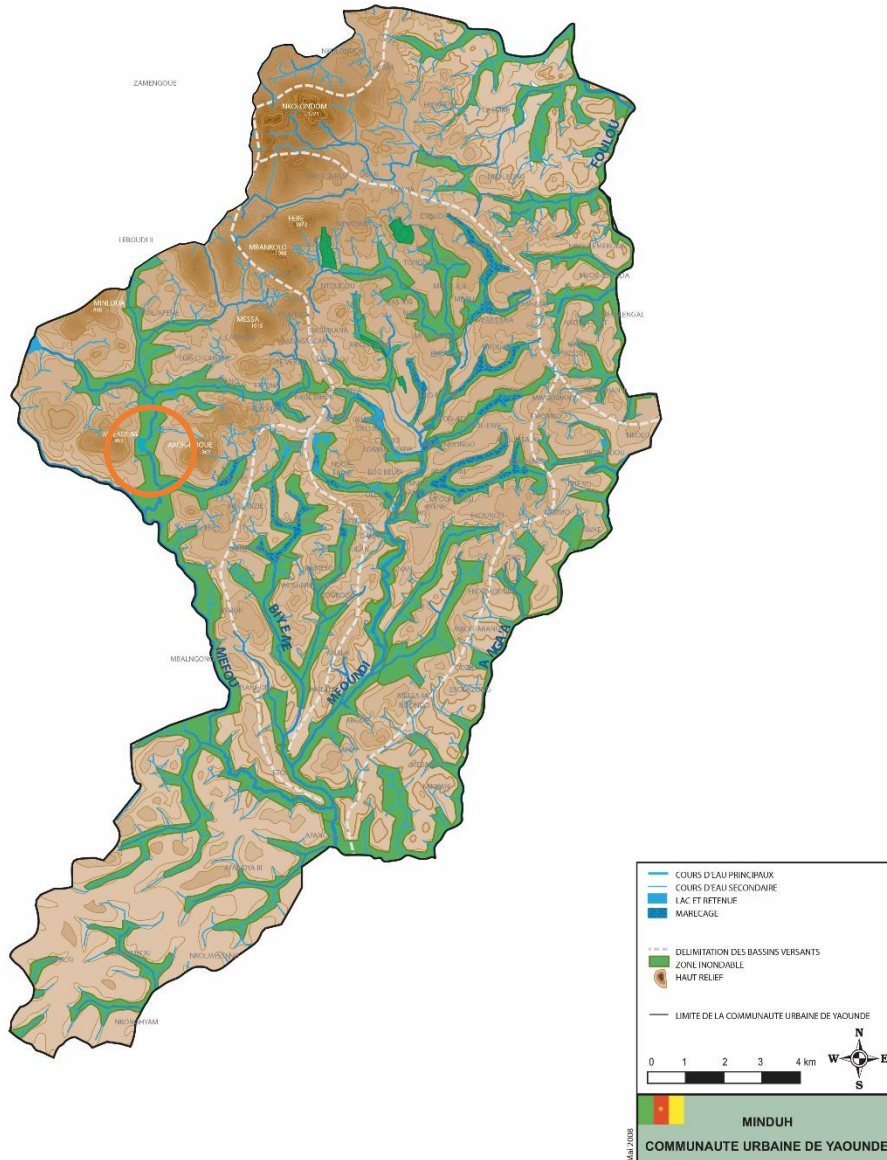


Ilustración 8. Mapa hidrográfico Yaundé (Plan Director Urbanístico Yaundé 2020)

Como se observa en la ilustración 8, extraída del Plan Director Urbanístico (PDU) de Yaundé 2020, los cursos de agua son abundantes y recorren la mayoría de los valles de la ciudad. El Mefou que pasa en la zona próxima a la parcela escogida es uno de los más abundantes, ya que proviene del lago Mefou, situado en la entrada oeste a la ciudad. Debido a la gran cantidad de cursos de agua presentes en la ciudad, las inundaciones representan uno de los principales desafíos en materia de gestión ambiental. Existen amplias zonas inundables y terrenos de escasa calidad geotécnica, lo que incrementa la frecuencia de accidentes y la vulnerabilidad del

entorno construido. Este riesgo se ve agravado por la expansión urbana desordenada, que ha llevado a la ocupación de áreas pantanosas y suelos inestables, carentes de condiciones adecuadas desde el punto de vista geológico, urbano y sanitario.

2.3. ANÁLISIS URBANO

A continuación, en el análisis urbano se estudia el funcionamiento de la ciudad y el papel que desempeña dentro de este contexto el barrio Yaundé VII, donde se sitúa la parcela para el proyecto del colegio Madre Alberta, pretendiendo comprobar si se adecúa y si realmente existe la necesidad de este equipamiento.

2.3.1. Plan urbanístico vigente

Actualmente está en vigor el Plan Director Urbanístico (PDU) Yaundé 2020, que se aprobó en el año 2003. La ciudad se estructura en siete comunidades urbanas, como se observa en la ilustración 9.

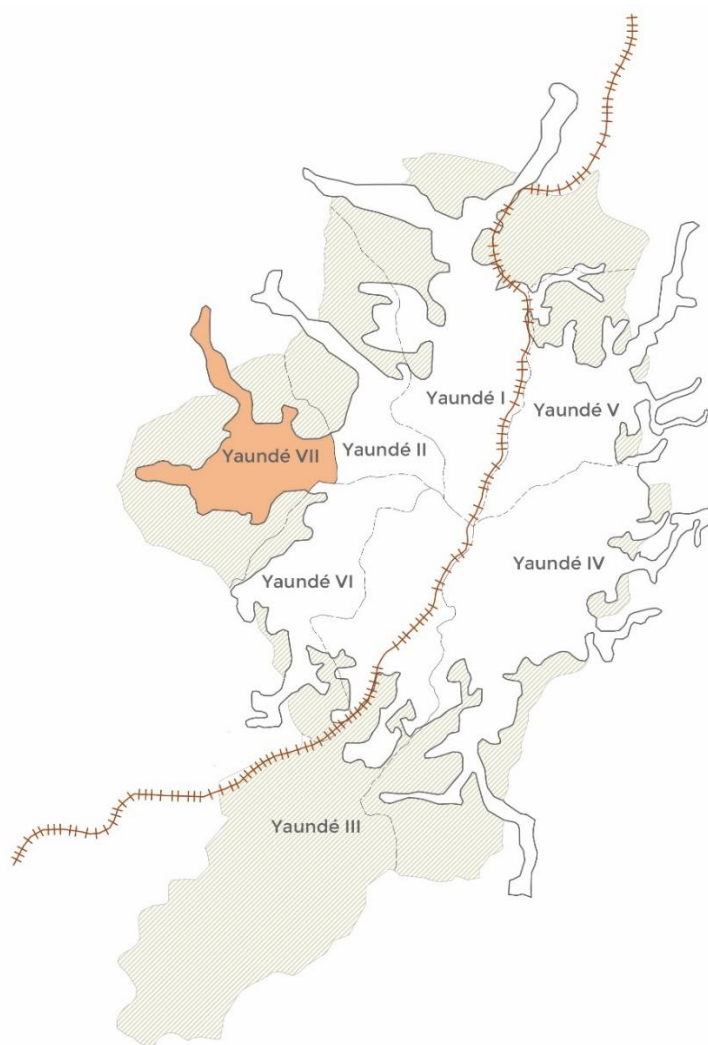


Ilustración 9. Comunidades urbanas en las que se divide la ciudad

Comunidad urbana	Aprox. Población actual (%)	Aprox. Aumento población en 20 años (%)
Yaundé I	34	66
Yaundé II	60	40
Yaundé III	35	65
Yaundé IV	41	59
Yaundé V	74	26
Yaundé VI	54	46
Yaundé VII	60	40

Tabla 2. Porcentajes de población y de previsión de crecimiento

La mayoría de barrios, tienen todavía una previsión de crecimiento bastante notable, y como se observa en el mapa inferior hay una zona de grandes dimensiones con calidad de vivienda baja y tejidos periféricos, de poca calidad.

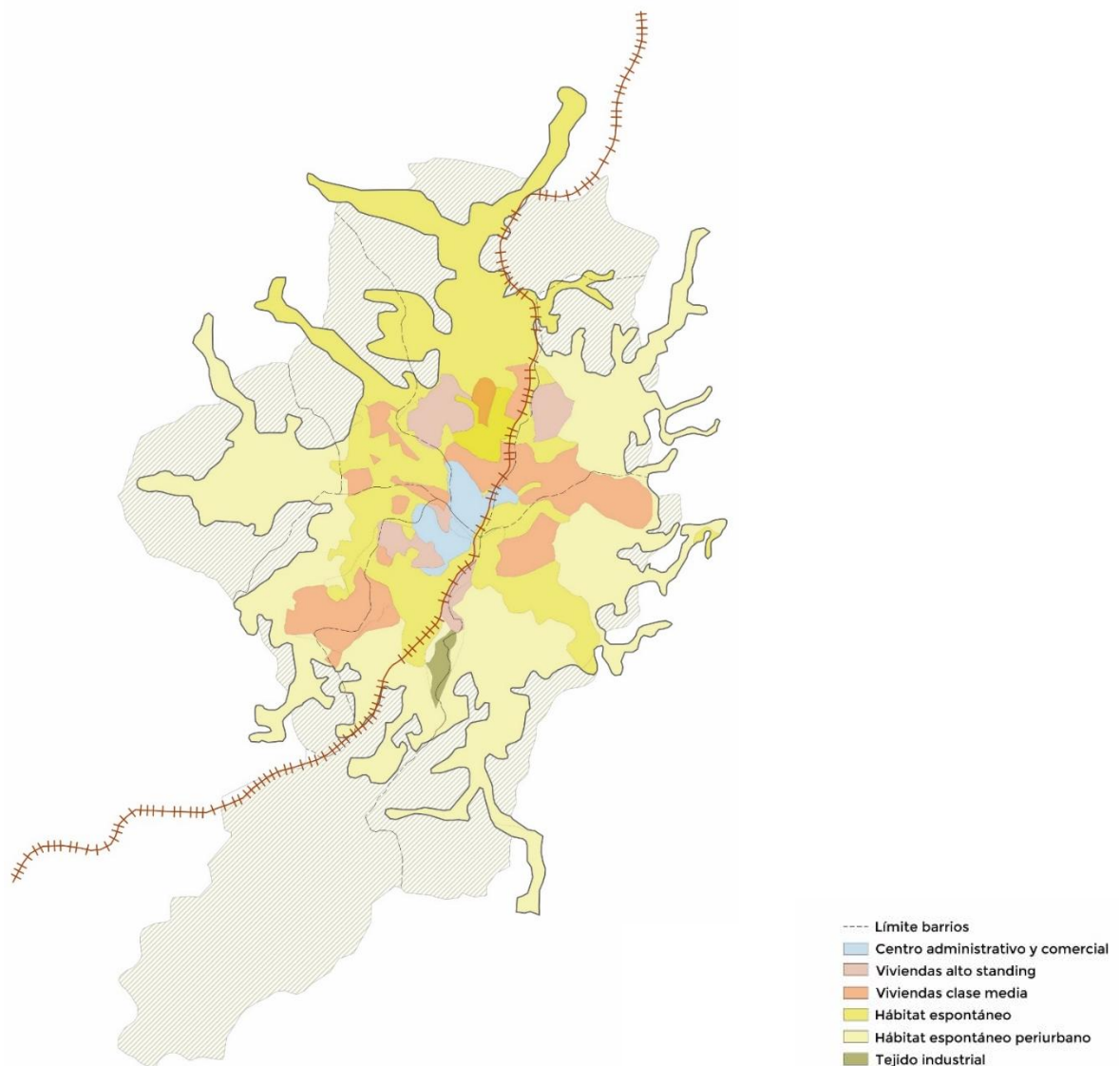


Ilustración 10. Tipologías edificatorias

2.3.2. Tejido urbano

El crecimiento espontáneo de la ciudad, resultado de la apropiación de los habitantes sin una planificación urbanística previa, ha generado una gran diversidad de tejidos urbanos, aunque se pueden identificar cuatro tipos principales:

- Tejido administrativo y comercial: Propio del centro económico y administrativo de la ciudad, con vías pavimentadas y un trazado urbano de calidad.



Ilustración 11. Ortofoto Av. Charles Atangana en su cruce con N2

- Tejido primigéneo de alta densidad: El crecimiento se concentra junto a las vías principales, alrededor de las cuales se va densificando la zona residencial hasta colmatar totalmente los espacios disponibles.



Ilustración 12. Ortofoto Yaundé VI

- Tejido residencial: En la periferia aún se conservan algunas zonas con menor densidad, caracterizadas por un uso predominantemente residencial.



Ilustración 13. Nkolbisson, Universidad católica África central

- Tejido periférico: Gran parte de esta zona periférica, especialmente en la parte sur de la comunidad urbana de Yaundé VII, donde se sitúa la parcela objeto del proyecto, conserva todavía una predominancia de espacios verdes y una baja densidad edificatoria, como se muestra en la siguiente imagen.



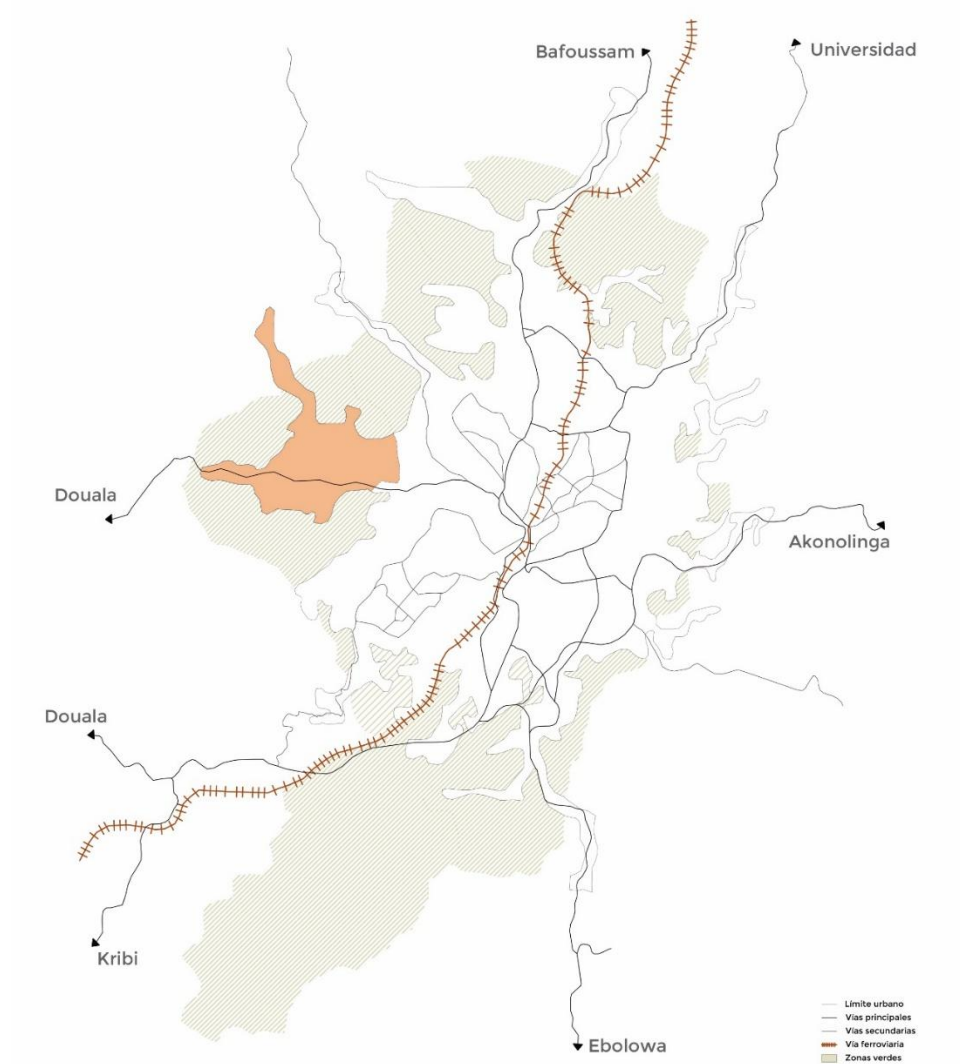
Ilustración 14. Sub-prefectura de Yaundé VII

Los principales peligros que se observan en la zona son:

- **Ocupación de crestas conforme a la red vial existente:** Las crestas, que suelen ser zonas elevadas y estables, están siendo ocupadas conforme se extienden las vías de acceso, lo que puede generar problemas de erosión y pérdida de cobertura vegetal. Esta expansión aumenta la vulnerabilidad frente a fenómenos naturales.
- **Colonización de laderas y terrenos vulnerables:** La construcción en laderas sin controles adecuados pone en riesgo la estabilidad del terreno, favoreciendo deslizamientos y erosión.

- **Construcción sobre llanuras aluviales:** Edificar en llanuras aluviales implica instalarse en zonas propensas a inundaciones periódicas, lo que pone en riesgo a las personas y bienes. Su ocupación altera el equilibrio ambiental.
- **Relleno de tierras bajas en el cauce del río, estrechamiento del cauce principal y edificación de diques improvisados:** Las intervenciones no planificadas en el cauce del río, reducen la capacidad del río para manejar grandes volúmenes de agua.
- **Expansión urbana descontrolada e ilegal:** El crecimiento urbano sin planificación ni regulación fomenta asentamientos en zonas de riesgo y sobrecarga de servicios básicos. Esta expansión incrementa la vulnerabilidad social y ambiental.

2.3.3. Movilidad



La movilidad en la ciudad, es difícil debido a la baja calidad de las calles ya que salvo las vías principales no están asfaltadas y no dispone de transporte público suficiente.

Las vías principales conectan de norte a sur y de este a oeste, y en el plan urbanístico se prevé crear circunvalaciones interiores que faciliten y agilicen las comunicaciones.

Forma principal de transporte en la ciudad



Los taxis y mototaxis dominan el transporte en las zonas periféricas, representando cerca de un tercio de los vehículos en circulación y funcionando casi como un monopolio. Las mujeres realizan menos desplazamientos en coche privado que los hombres, pero caminan o usan mototaxis con mayor frecuencia para sus trayectos diarios.

Ilustración 15. Vía Nkolbisson

2.3.4. Equipamientos

La mayoría de los equipamientos se concentran en el centro y en las vías principales, dejando la periferia con escasos servicios. Además, existe un déficit notable en equipamientos sanitarios, deportivos (prácticamente inexistentes) y educativos.

A continuación, se analiza específicamente la necesidad de equipamientos educativos, que es el foco de esta propuesta.

2.3.4.1. Equipamientos educativos

El propio Plan Urbanístico de la ciudad del 2020, califica estos equipamientos como “insuficientes y espacialmente desproporcionados”.

Hay un déficit de equipamientos educativos en toda la ciudad, y con la previsión demográfica (casi el doble en 20 años) es previsible que se agrave la situación. Además de esto, el estado de la mayoría de edificios educativos no es adecuado.

Barrio	Escuelas infantiles	Escuelas de primaria	Escuelas de secundaria general	Escuelas de secundaria técnica
Yaundé I	31	62	17	4
Yaundé II	28	54	8	1
Yaundé III	99	78	15	4
Yaundé IV	20	121	20	2
Yaundé V	12	53	12	1
Yaundé VI	66	80	27	5
Yaundé VII	30	31	4	1

Tabla 3. Número de escuelas en los barrios (PDU Yaundé - Escuelas AUGEA)

Con el auge que vivió la ciudad en 1992, la educación superior experimentó una importante reforma que condujo a la creación de varias universidades distribuidas en el país y la división de la universidad de Yaundé en dos sedes. Al mismo tiempo, vio la luz la Universidad Católica de África Central, al igual que otras instituciones privadas.

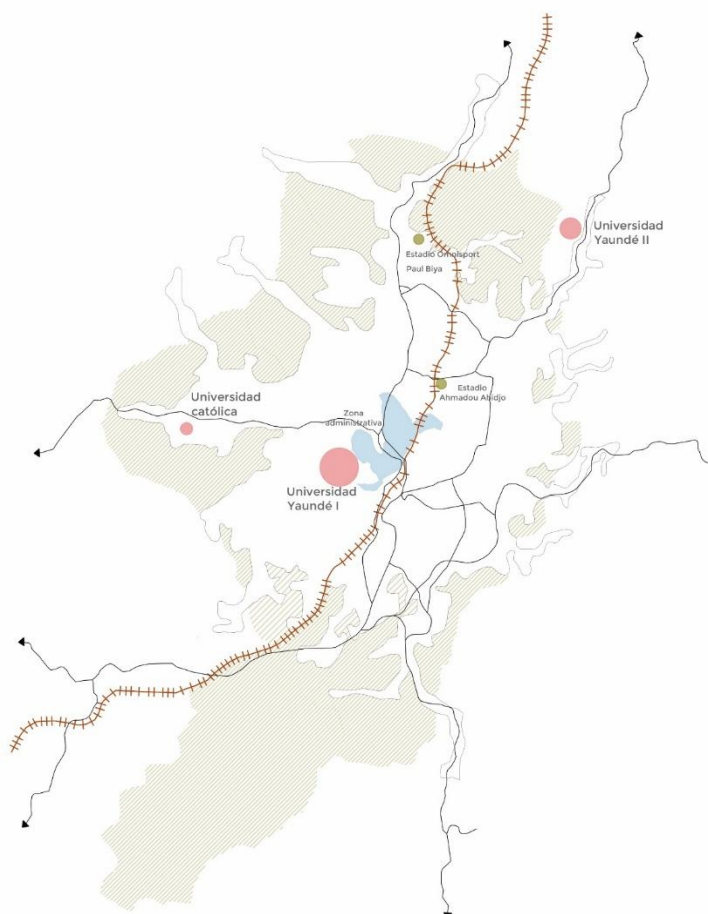


Ilustración 16. Universidades, estadios y zona administrativa

2.4. ANÁLISIS CRÍTICO

2.4.1. DAFO

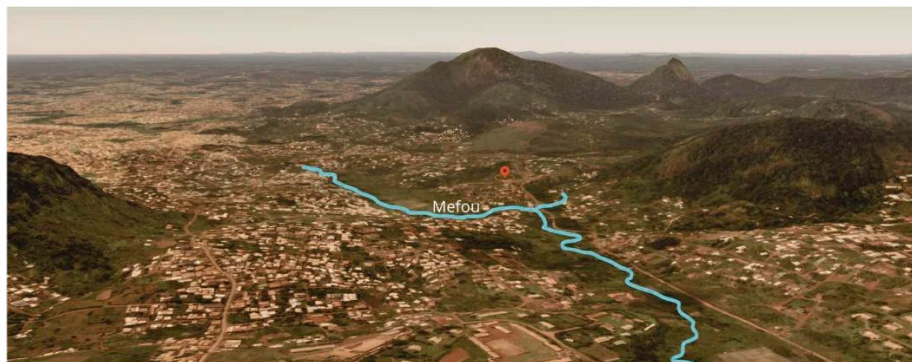
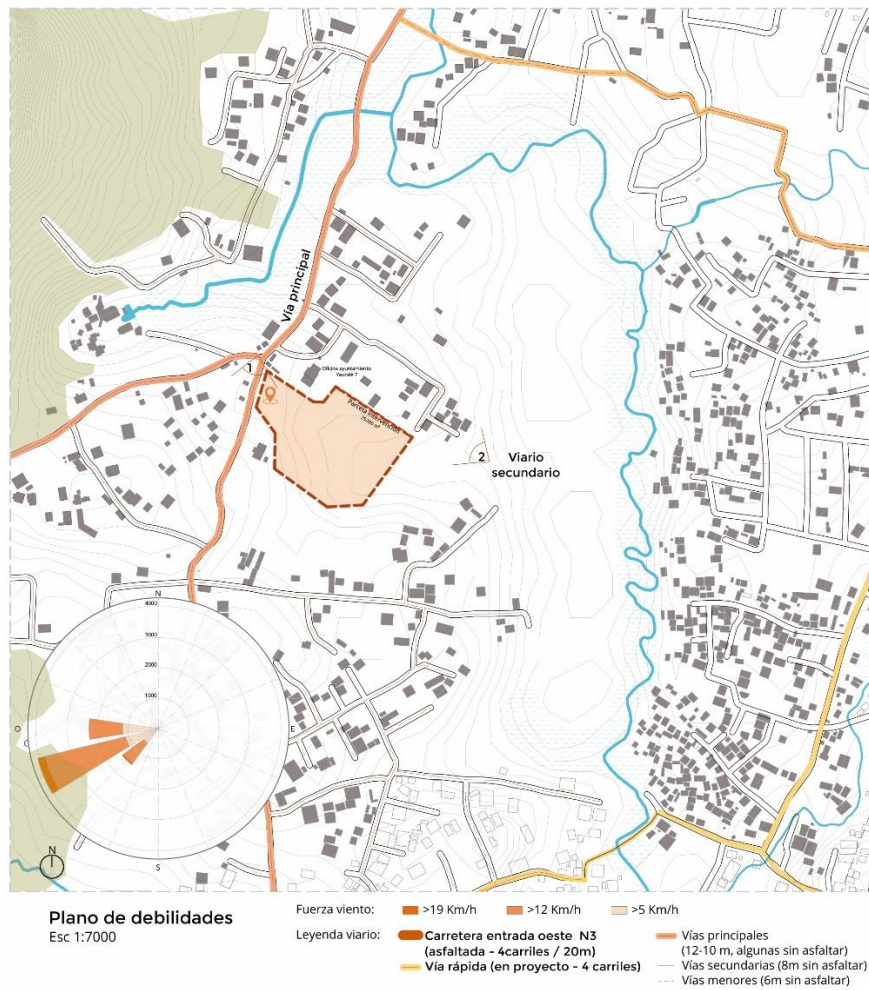
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Conexiones viarias sin asfaltar. (Sección de 12 y 8 m) • Desnivel pronunciado en la parcela y complejidad topográfica. • Vientos predominantes del sur-oeste. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proximidad a la zona inundable y terreno menos sólido junto al curso del agua. • Terreno con muchas diferencias topográficas.
Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Proximidad a la Universidad Católica, centros superiores de agricultura y centros de investigación. • Visuales de los espacios naturales, los picos Mbekoum (953 m) y Akok-Ndoue (967 m) y el curso de agua Afeme. • Conexión con carretera N-3 de entrada oeste de la ciudad y va a Douala, y de la vía rápida que está en proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conexión con la nueva vía rápida y el intercambiador propuesto en el cruce con la N-3. • Proporcionar un centro de educación completa en todas las etapas. En una zona, donde la mayoría de centros son únicamente de primaria. • Falta de internados para los niños. • Consolidación del segundo nodo administrativo de Yaundé VII.

En el primer planteamiento del proyecto, como se puede observar en el esquema de las oportunidades se planteó que una de las partes del programa fuera un internado, pero finalmente se descartó tras realizar la visita al lugar y preguntar a varios colegios, donde nos informaron que en la capital las familias no optan por la opción de internado, solución que si es muy utilizada en las zonas rurales.

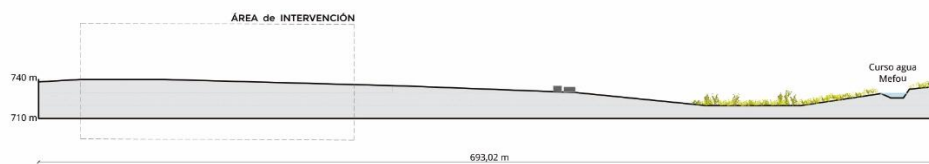
En el organigrama se especifica cuáles serán las piezas principales del proyecto, y que posteriormente se desgranarán en las plantas del conjunto.

Los puntos principales del DAFO se grafían en los siguientes esquemas y planos:

DEBILIDADES

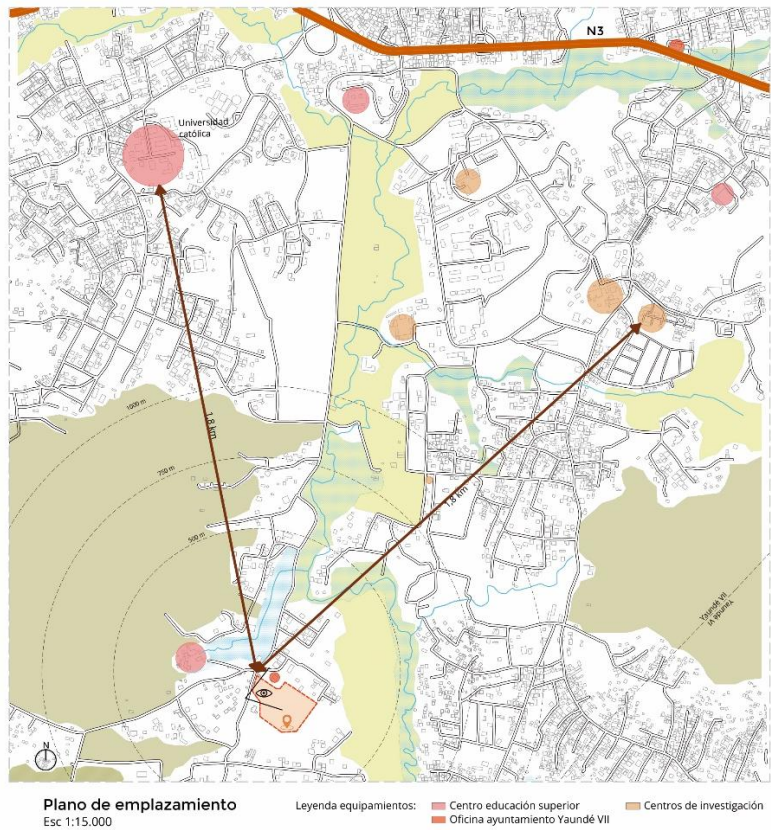


Vista aérea de la zona desde el norte.

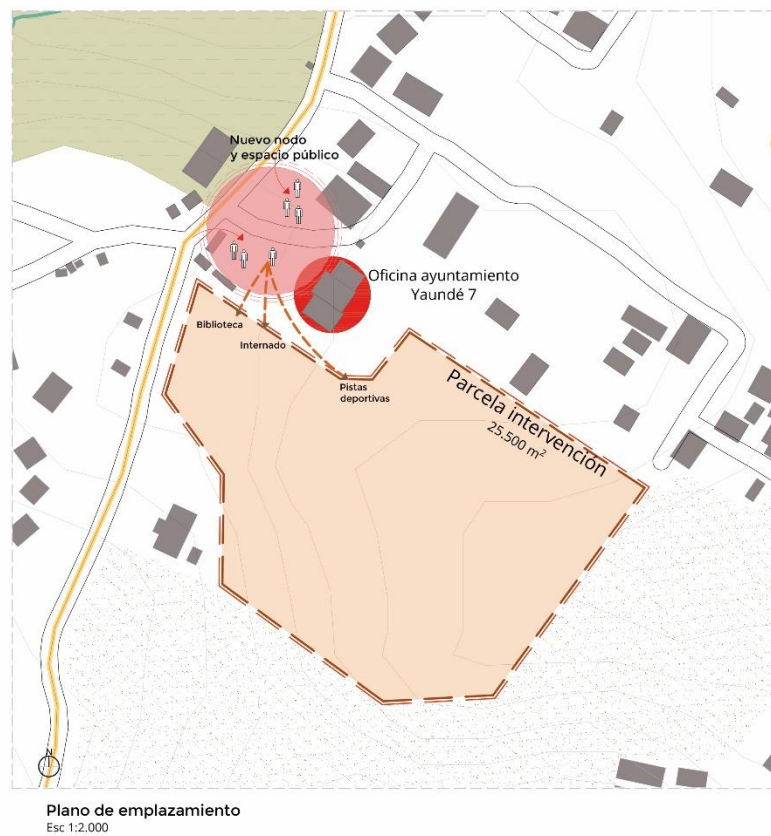


Sección AA'
Esc 1:5.000

FORTALEZAS



OPORTUNIDADES



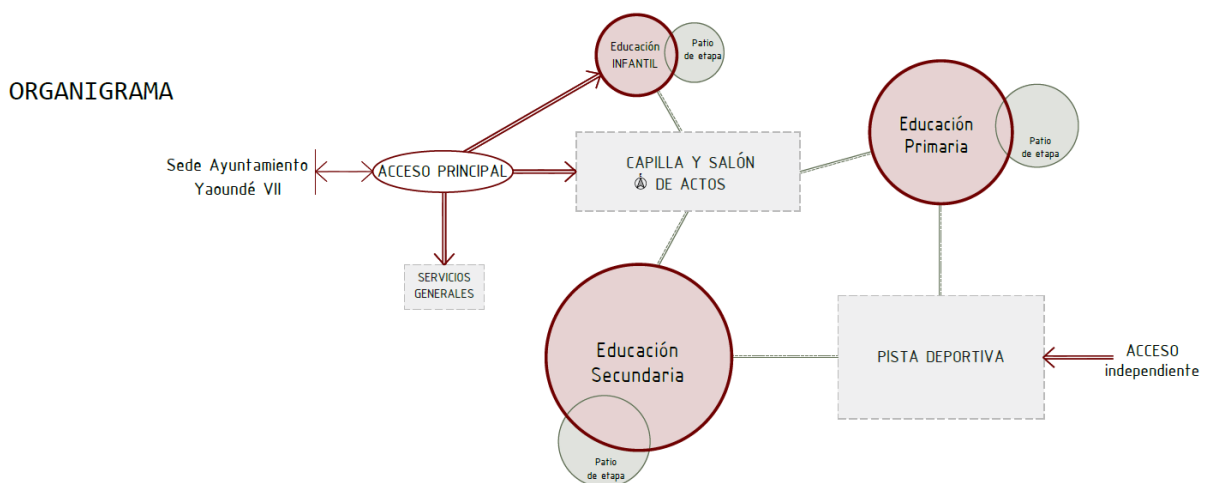
3. FUNDAMENTOS DEL PROYECTO

El proyecto se desarrolla en la comunidad urbana de Yaoundé VII, concretamente en la calle que se desvía de la carretera oeste de acceso a la ciudad, en el cruce de Nkolbisson. Se ha elegido este emplazamiento por tratarse de una zona en expansión, donde muchas familias procedentes del éxodo rural se están asentando, y que actualmente carece de infraestructuras educativas completas para cubrir todas las etapas formativas.

La proximidad a la sede del ayuntamiento refuerza el valor estratégico del lugar como posible núcleo de consolidación urbana. En este contexto, la propuesta no se limita a ofrecer un centro educativo, sino que busca convertirse en una pieza clave para el desarrollo del barrio, proporcionando servicios y espacios que trasciendan el horario escolar: una capilla de uso comunitario, un salón de actos para eventos internos y externos, y una pista deportiva abierta a toda la población, hoy inexistente en la zona.

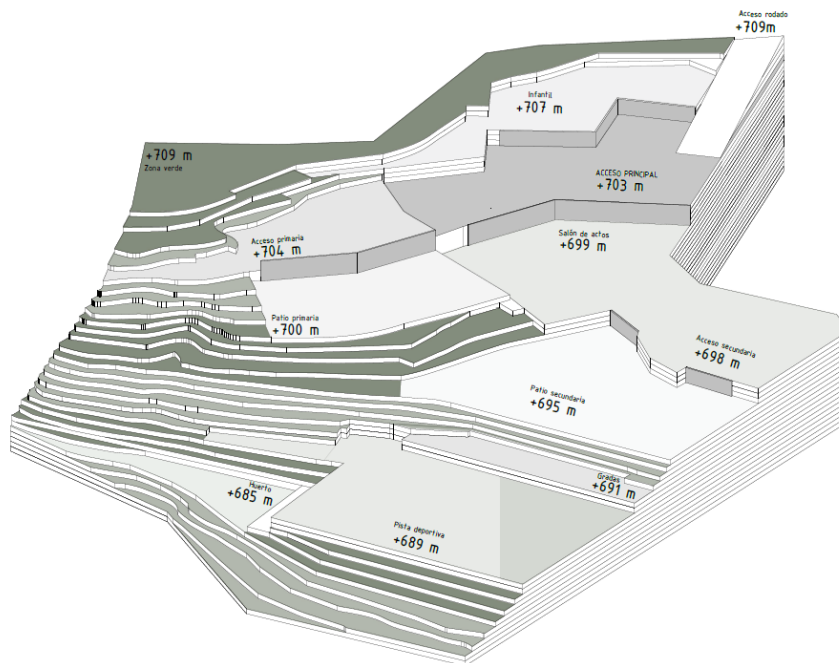
El título del trabajo, **"Arquitectura para educar: construyendo la comunidad del futuro"**, resume esta doble dimensión de la propuesta. Por un lado, la arquitectura como generadora de espacios que permiten el crecimiento personal, social y educativo; por otro, como herramienta para tejer comunidad, gracias a su capacidad de crear lugares de encuentro, convivencia y construcción colectiva.

A partir de estos principios, los esquemas siguientes explican las decisiones clave del proyecto: el organigrama funcional, la ubicación del acceso y su vinculación con el espacio público, la configuración en U de los edificios como respuesta al entorno, la lectura de las características topográficas y las estrategias de diseño bioclimático adoptadas.



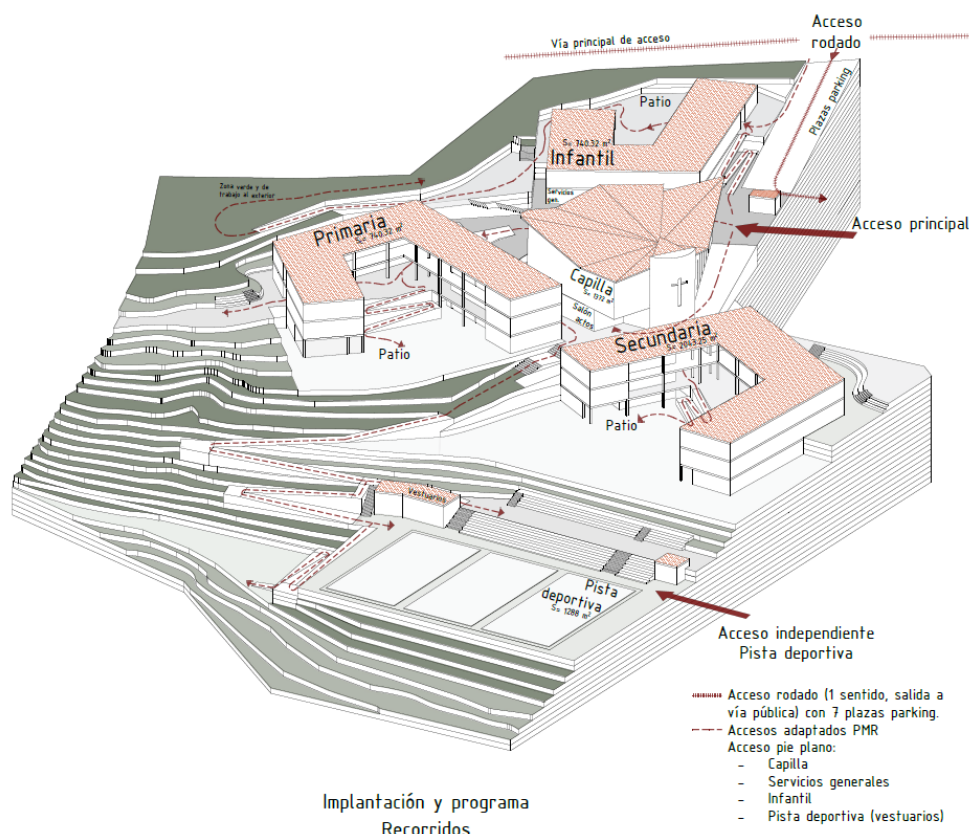


Superficie TOTAL = 18673.63 m²
Desnivel = 30 m



Aterrazamiento de la parcela

Este sistema facilita una accesibilidad universal a prácticamente todos los espacios del conjunto mediante rampas con una pendiente del 6%. Todos los edificios cuentan con acceso a nivel desde alguno de los puntos de entrada, y tanto el patio principal como la pista deportiva son accesibles desde diferentes cotas.



Implantación y programa
Recorridos

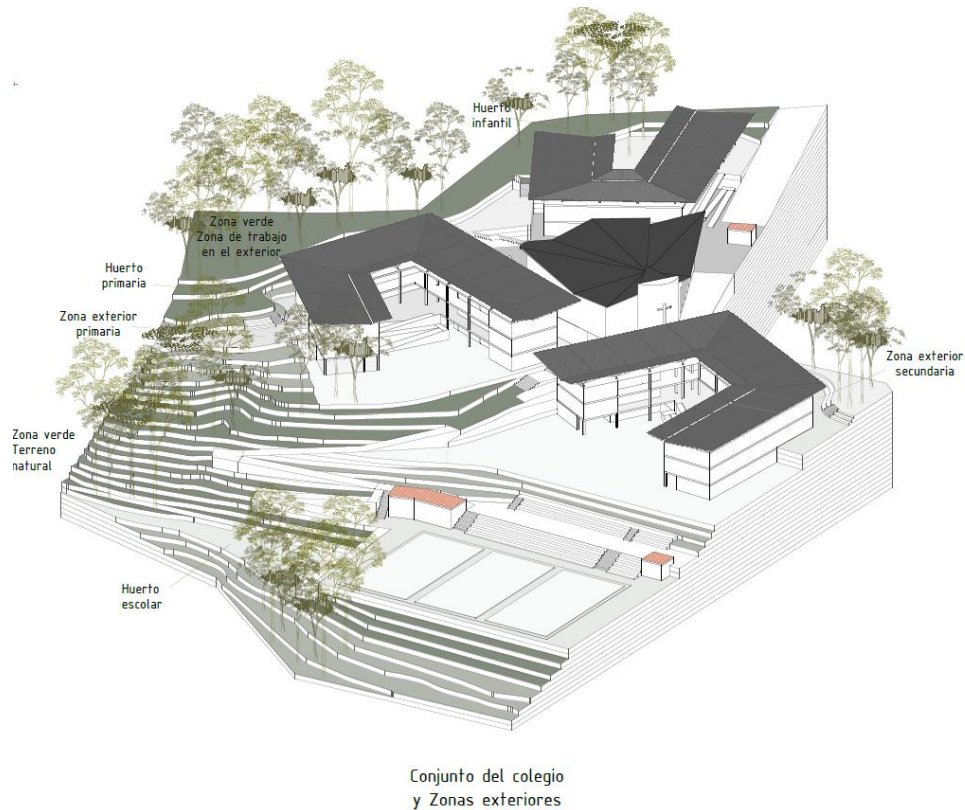


Ilustración 18. Diagramas proceso proyectual y conjunto

Finalmente, se organiza un sistema de espacios exteriores diversos, que incluye zonas verdes más naturales, áreas preparadas para actividades pedagógicas al aire libre, huertos escolares y una gran explanada plana para múltiples usos comunitarios y educativos.

3.1. Puntos clave de la propuesta

La propuesta se fundamenta en una serie de decisiones proyectuales que responden tanto a las condiciones del entorno como a las necesidades específicas del programa educativo y social:

1- Accesibilidad y espacio público: El acceso principal se plantea a través de un espacio público que actúe como nodo articulador, facilitando la integración urbana del conjunto y dotando a la comunidad de áreas verdes y espacios de encuentro.

2- Espacios de relación funcionales: Se proponen dos núcleos de relación: uno vinculado al acceso principal y otro junto a la zona deportiva. Estos espacios organizan las conexiones internas del proyecto, facilitando una circulación clara y fluida entre las distintas áreas.

3- Proximidad al acceso para Educación Infantil: El edificio de educación infantil se ubica junto al acceso principal, garantizando un recorrido corto y seguro para los alumnos más pequeños, quienes suelen llegar acompañados por sus familias. Esta ubicación permite además un mejor control de la entrada al recinto escolar.

4- Zonificación por etapas educativas: Se plantea una organización del conjunto mediante edificios independientes para cada etapa educativa —infantil, primaria y secundaria—. Esta disposición permite acotar los espacios según las necesidades de cada grupo y facilita la convivencia con los equipamientos de uso más público, como la capilla y el salón de actos.

5- Relación con el entorno natural: En un contexto donde la naturaleza tiene una presencia dominante y de gran calidad visual, el proyecto apuesta por integrarse con el paisaje. Para ello, se proponen zonas verdes que acompañen los usos y recorridos, generando transiciones suaves entre los edificios y potenciando la experiencia del entorno natural como parte esencial del espacio educativo.

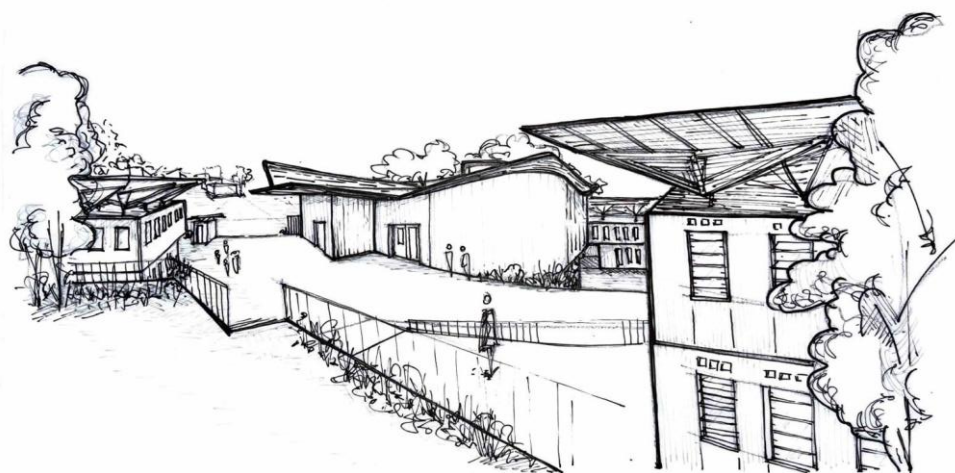


Ilustración 19. Vista del acceso principal desde el edificio de primaria

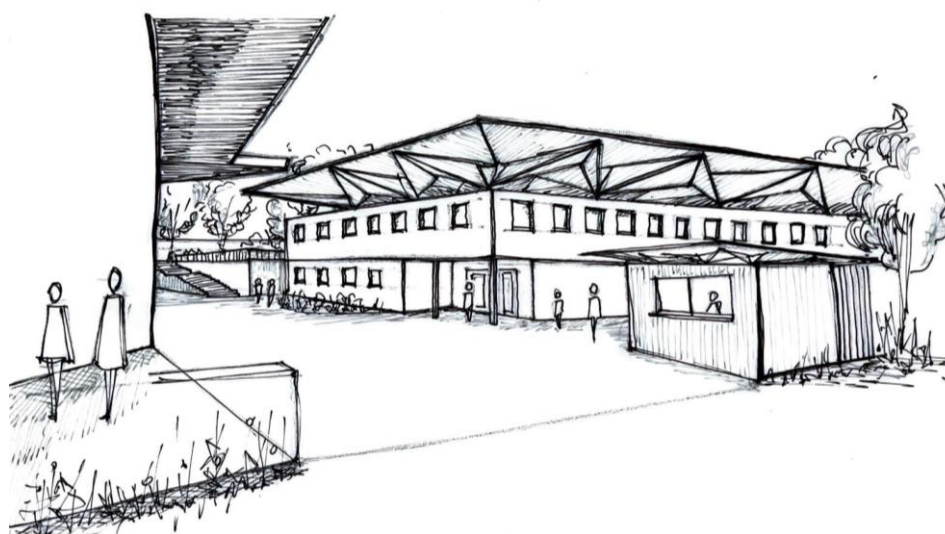


Ilustración 20. Vista acceso principal del colegio hacia el edificio de los servicios generales e infantil

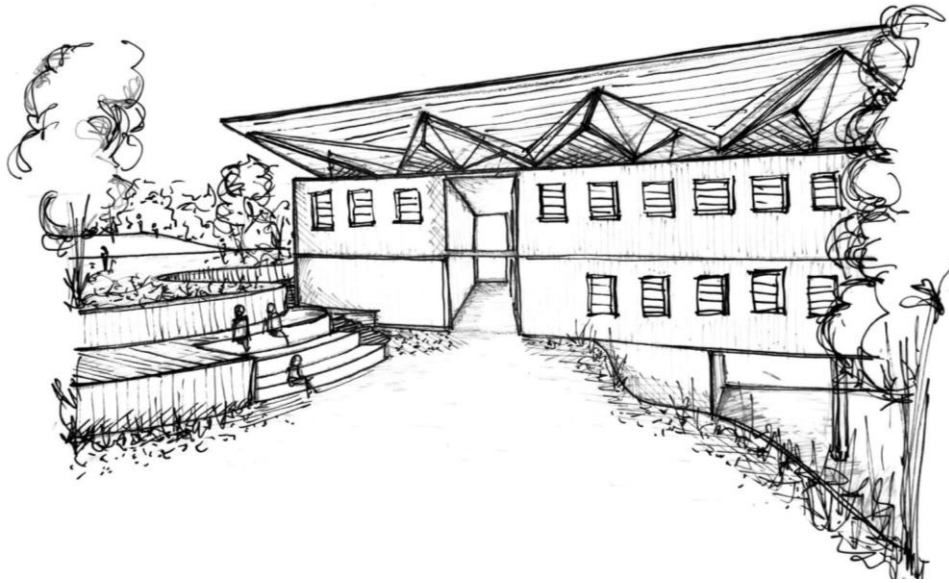


Ilustración 21. Espacios exteriores (Edificio de primaria)

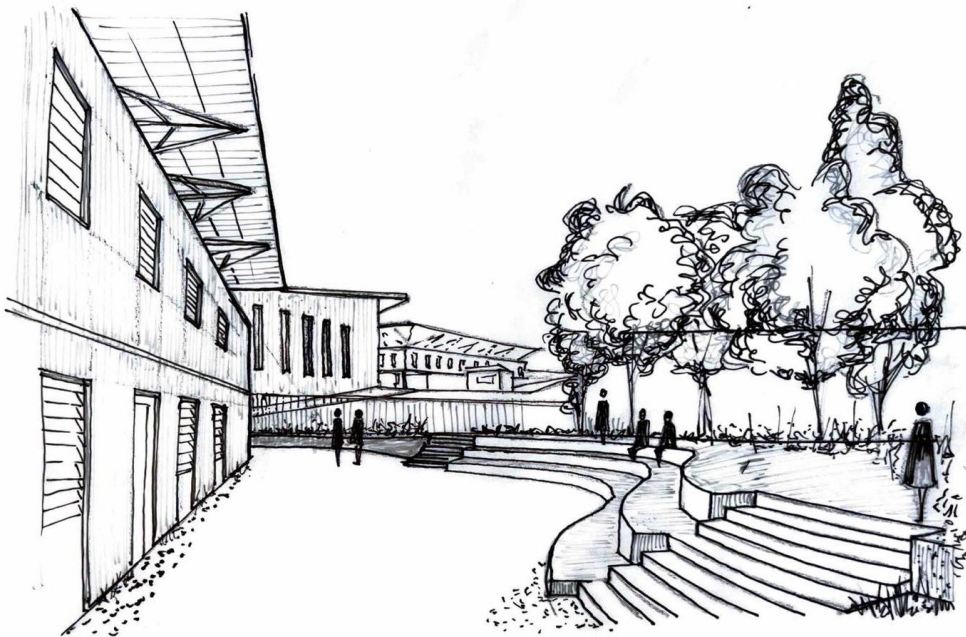


Ilustración 22. Espacios exteriores (Edificio secundaria)

3.2. Normativa BOE requerimientos mínimos de espacios

Para la definición del programa funcional y la configuración de las superficies de los distintos espacios del centro educativo, se ha tomado como referencia el **Real Decreto 132/2010**, publicado en el **Boletín Oficial del Estado (BOE)**, que establece los requisitos mínimos de los centros que imparten enseñanzas de segundo ciclo de Educación Infantil, Educación Primaria y Educación Secundaria Obligatoria.

Aunque el presente proyecto no se localiza en territorio español, se considera pertinente adoptar este marco normativo como base de referencia, con el objetivo de garantizar **la calidad espacial, la funcionalidad y la dignidad de los entornos educativos**, adaptándolos, a su vez, a las particularidades del contexto local.

Requisitos establecidos en la normativa:

- Educación Infantil

Superficie mínima de aula: **2 m² por alumno**.

Aula polivalente (cerrada o cubierta): **30 m²**.

Patio de juegos: **>150 m² por cada 6 aulas**.

- Educación Primaria

Superficie mínima de aula: **1,5 m² por alumno**.

1 sala polivalente.

1 espacio para desdoble o apoyo por cada 6 aulas.

- Educación Secundaria

Superficie mínima de aula: **1,5 m² por alumno**.

Por cada 12 unidades:

1 aula-taller de tecnología

1 aula de música

1 laboratorio de ciencias

Por cada 8 unidades:

1 espacio para desdoble/ 1 espacio de apoyo

Adaptación del proyecto

Si bien en el contexto del proyecto es habitual encontrar **ratios de hasta 60-65 alumnos por aula**, se ha optado por dimensionar los espacios considerando un máximo de **40 alumnos por aula**, con el objetivo de ofrecer **una atención educativa más personalizada y mejorar las condiciones ambientales y pedagógicas**.

En consecuencia, se han adoptado las siguientes superficies mínimas por aula según la etapa educativa:

Aula de infantil: 80 m²

Aula de primaria: 60 m²

Aula de secundaria: 60 m²

En el caso de las aulas de infantil, se ha previsto la integración de **espacios exteriores vinculados directamente a cada aula**, lo que permite reducir ligeramente la superficie interior en algunos casos, al complementarse con **espacios cubiertos y patios de uso educativo**. Además, y aunque no lo exige la normativa, **cada aula de infantil contará con un baño propio**, fomentando así la autonomía de los alumnos y facilitando su atención y supervisión.

3.3. Normativa TMA 851: Accesibilidad en espacios exteriores

El diseño de los espacios exteriores del proyecto cumple con los criterios establecidos en la **Norma TMA/851**, garantizando la accesibilidad universal en los itinerarios peatonales. Para ser considerados accesibles, dichos recorridos deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Una **anchura mínima** libre de paso de **1,80 m**.
- Una **altura libre de obstáculos** de al menos **2,20 m**.
- **Pendiente transversal** inferior o igual al **2%**.
- **Pendiente longitudinal máxima del 6%**, sin requerir descansillos intermedios.

Además, se han diseñado rampas accesibles en aquellos puntos donde el desnivel del terreno lo requiere, conforme al **artículo 14** de la norma, con las siguientes características:

- **Anchura mínima de 1,80 m**, sin descontar el espacio ocupado por pasamanos.
- **Espacios libres de 1,50 m** al inicio y final de cada tramo de rampa, para facilitar el giro y el descanso.

Estas condiciones se han tenido en cuenta especialmente en el tratamiento del desnivel natural del terreno, facilitando el acceso a los diferentes edificios y espacios del conjunto escolar en condiciones de seguridad, autonomía y confort para todas las personas.

3.4. Tablas de superficies

DATOS PARCELA				
Superficie TOTAL Parcela			18673.63 m ²	
Superficie Construida máxima (según certificado urbanístico) 60% ST parcela			11204.18 m ²	
Superficie OCUPACIÓN	Capilla/Salón de actos	670.70 m ²	ST _o = 3226.88 m ²	
	Infantil	740.32 m ²		
	Primaria	825.05 m ²		
	Secundaria	893.27 m ²		
	Pista deportiva	97.54 m ²		
Según certificado urbanístico:				
-	Separación mínima de la construcción con respecto a las vías públicas		5 m	
-	Altura máxima		20 m	
-	Número máximo de plantas		PB+5	
-	Separación mínima edificios contiguos		2 m ó 1/6h	
-	Superficie construida máxima (60% ST _{total})		20% libre	
-	Superficie libre de la parcela (40% ST _{total})		20 % espacio vegetal	

ETAPA EDUCATIVA/USO	PLANTA	S _u	S _c	S _u TOTAL	S _c TOTAL
SERVICIOS GENERALES	Planta baja +704m	372.82 m ²	417.07 m ²	372.82 m ²	417.07 m ²
CAPILLA/SALÓN ACTOS	Planta baja +704m	657.04 m ²	670.70 m ²	1032.44 m ²	1372.72 m ²
	Planta -1 +700m	645.40 m ²	702.02 m ²		
INFANTIL	Planta baja +707m	728.75 m ²	740.32 m ²	728.75 m ²	740.32 m ²
PRIMARIA	Planta +1 +708m	737.05 m ²	825.05 m ²	1836.90 m ²	2043.25 m ²
	Planta baja +705m	754.53 m ²	825.05 m ²		
	Planta -1 +701m	345.32 m ²	393.15 m ²		
SECUNDARIA	Planta +1 +701m	810.05 m ²	893.27 m ²	2157.37 m ²	2217.09 m ²
	Planta baja +699m	818.23 m ²	893.27 m ²		
	Planta -1 +695m	529.09 m ²	430.55 m ²		
PISTA DEPORTIVA	Planta +1 +708m	71.50 m ²	83.80 m ²	71.50 m ²	83.80 m ²
VIGILANTE	Planta baja +705m	10.00 m ²	13.74 m ²	10.00 m ²	13.74 m ²
		TOTAL		6209.78 m ²	6888 m ²

3.5. Edificio de secundaria

Tras abordar el análisis del contexto, la definición de la idea base y la configuración general del conjunto, esta fase del trabajo se centra en el desarrollo técnico y constructivo del proyecto.

Dado el alcance del conjunto y la complejidad del programa, se ha elegido el edificio de secundaria como unidad representativa para este desarrollo, al ser el de mayor escala y complejidad funcional. Las plantas completas de todo el proyecto, así como las tablas desglosadas con las superficies de cada edificio se pueden consultar en los paneles de la entrega.

El sistema estructural y constructivo planteado en el edificio de secundaria y que se explicará a continuación, es aplicable al resto de los edificios educativos, por lo que su análisis permite entender de forma general el funcionamiento técnico del conjunto.



Ilustración 23. Planta primera de secundaria



Ilustración 24. Planta baja, acceso a secundaria

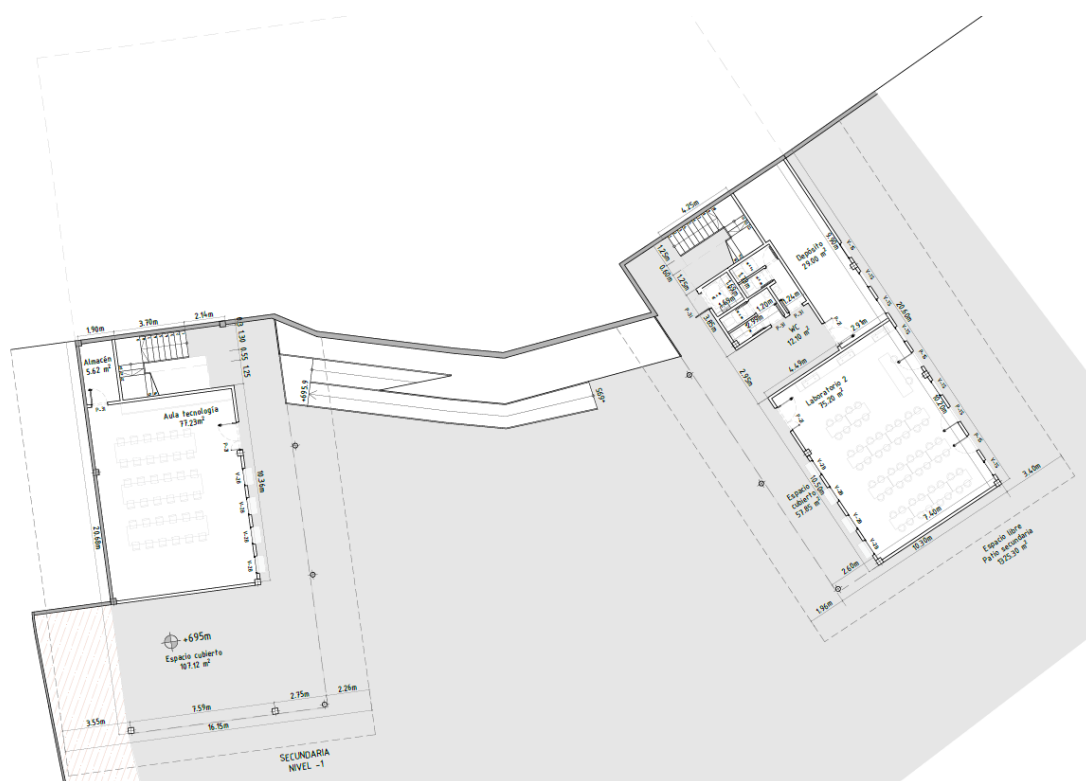


Ilustración 25. Planta semisótano secundaria

Colegio Madre Alberta en Yaundé

Elena Sáez Miguel

Se incorpora también a continuación una tabla de superficies, donde se recogen de forma los valores de superficie útil y construida por planta y total del edificio de secundaria.

TABLA DE SUPERFICIES				
ETAPA EDUCATIVA/USO	PLANTA	ESPACIO/USO	S _u	S _c
SECUNDARIA	PLANTA +1 +701.5	Aula 6	61.21 m ²	685.27 m ²
		Aula 7	62.00 m ²	
		Aula 8	61.20 m ²	
		Biblioteca	103.20 m ²	
		Almacén biblioteca	16.20 m ²	
		Almacén sala profesores	16.20 m ²	
		Aseo chicas	10.36 m ²	
		Aseo adaptado	3.30 m ²	
		Despacho pastoral y coord.	24.00 m ²	
		Aula de informática	92.71 m ²	
		Aula 9	77.00 m ²	
		Aula 10	68.91 m ²	
		Aseo chicos	5.76 m ²	
		Espacio cubierto (abierto)	208.00 m ²	208.00 m ²
		TOTAL	810.05 m ²	893.27 m ²
	PLANTA BAJA +698	Aula 1	62.00 m ²	657.93 m ²
		Aula 2	61.21 m ²	
		Aula 3	61.20 m ²	
		Oratorio	67.00 m ²	
		Sala de profesores	35.05 m ²	
		Almacén sala profesores	16.20 m ²	
		Aseo chicas	10.36 m ²	
		Aseo adaptado	3.30 m ²	
		Aula apoyo	25.10 m ²	
		Despacho	22.93 m ²	
		Aula 4	67.70 m ²	
		Aula 5	61.85 m ²	
		Aseo chicos	5.76 m ²	
		Laboratorio 1	83.13 m ²	
		Espacio cubierto (abierto)	235.44 m ²	235.44 m ²
	TOTAL	818.23 m ²	893.37 m ²	
	PLANTA -1 +695	Aula de tecnología	77.23 m ²	264.58 m ²
		Almacén de tecnología	5.62 m ²	
Baños		12.10 m ²		
Laboratorio 2		75.20 m ²		
Depósito general		29.00 m ²		
Espacio cubierto izq. (abierto)		107.12 m ²	107.12 m ²	
Espacio cubierto der. (abierto)		57.85 m ²	57.85 m ²	
TOTAL		529.09 m ²	430.55 m ²	
TOTAL SECUNDARIA			S _u = 2157.37 m ²	S _c = 2217.09 m ²

4. ESTRUCTURA y SISTEMA CONSTRUCTIVO

El proyecto apuesta por una estructura resistente, duradera y adaptada al contexto local, que garantice estabilidad y comportamiento eficiente a lo largo del tiempo. **El hormigón armado se establece como el sistema estructural principal**, empleándose en la cimentación, los forjados horizontales y los núcleos de rigidez, lo cual proporciona una base sólida y fiable sobre la que se articula el resto del sistema constructivo.

Sobre esta estructura portante, se integran dos sistemas constructivos clave que confieren identidad, coherencia material y respuesta climática al edificio:

- **Cubierta metálica a dos aguas** con pendiente invertida, diseñada como un gran plano de protección que resuelve simultáneamente la evacuación de aguas y el control térmico. Se configura como una piel liviana elevada sobre la estructura principal, generando una cámara ventilada entre la chapa metálica y el último forjado. Este espacio intermedio actúa como colchón térmico, reduciendo la incidencia solar directa sobre los espacios interiores, favoreciendo el confort pasivo y minimizando el calentamiento por radiación.
- **Fachadas de BTC (bloques de tierra comprimida)**, estabilizados con cemento y sin coacción, que constituyen una apuesta decidida por materiales locales, sostenibles y de bajo impacto ambiental. Este sistema no solo promueve el uso racional de recursos del entorno, sino que también permite incorporar procesos de capacitación comunitaria en su ejecución, recuperando saberes constructivos vernáculos adaptados a criterios contemporáneos de eficiencia energética. Los muros de tierra aportan masa térmica e inercia, fundamentales para garantizar estabilidad higrotérmica en el interior en ausencia de sistemas activos de climatización o aislamiento industrializado.

La interacción entre estructura de hormigón, envolvente de tierra y cubierta metálica constituye un sistema integral que responde al clima local, optimiza recursos y potencia la apropiación comunitaria del edificio desde el propio proceso constructivo.

Además, se opta por un sistema modular, cuya lógica constructiva está cuidadosamente definida para facilitar su ejecución. Se plantea casi como un manual de construcción detallado, con procesos repetitivos que simplifican la obra sin perder singularidad. Esta estrategia permite una comprensión accesible del sistema y garantiza una construcción eficiente, controlada y fácilmente replicable.

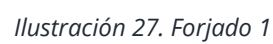




Ilustración 28. Forjado 2

4.1. Protección frente a la humedad

Dadas las condiciones climáticas del lugar, caracterizadas como se ha explicado previamente, por **una estación de lluvias con precipitaciones intensas y frecuentes**, se han adoptado medidas específicas para garantizar la **protección del edificio frente a la humedad del terreno** y posibles filtraciones.

Se opta por la ejecución de un **forjado sanitario tipo CAVITI C-40**, que permite crear una cámara ventilada bajo el edificio, evitando el contacto directo entre el terreno húmedo y la solera. Este sistema favorece la evacuación natural del vapor de agua procedente del subsuelo, previniendo patologías asociadas a la capilaridad y mejorando las condiciones higrotérmicas interiores.

Adicionalmente, se dispone un sistema de drenaje perimetral del terreno que envuelve todo el edificio. Este drenaje contribuye a recoger y alejar el agua de escorrentía, reduciendo la presión hidrostática sobre los muros y cimentaciones, y evitando acumulaciones que puedan comprometer la durabilidad de los elementos constructivos en contacto con el terreno.

Estas soluciones pasivas se han considerado fundamentales para garantizar la salubridad, durabilidad y buen comportamiento del edificio en un entorno con altos índices de humedad y riesgo de lluvias torrenciales.

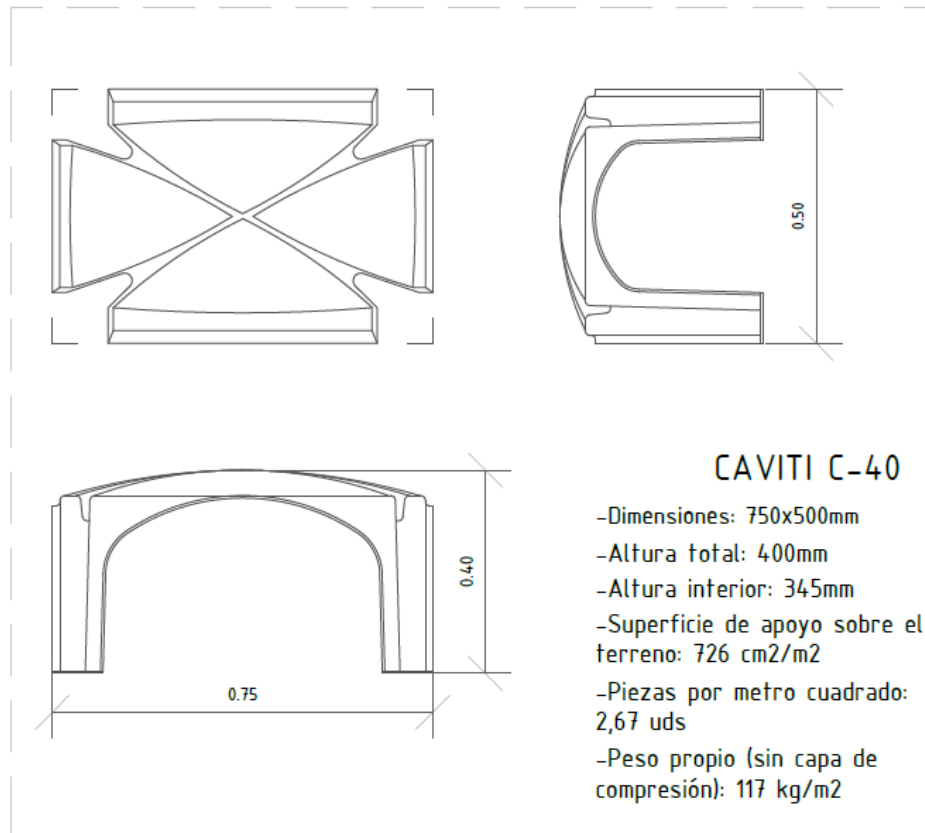


Ilustración 29. Detalle caviti c-40

A su vez, este espacio servirá para alojar el trazado de las tuberías de saneamiento de los edificios, así como otras instalaciones complementarias que requieran protección y accesibilidad para su mantenimiento.

4.2. Cubierta metálica

La cubierta metálica se resuelve a partir de una **subestructura metálica modular compuesta por perfiles tubulares**, diseñada específicamente para este proyecto. Esta solución permite unificar bajo una misma lógica constructiva las dos pendientes distintas del sistema de cubierta, generando al mismo tiempo una imagen singular y reconocible del edificio.

Los módulos estructurales, simétricos respecto a su eje central, se anclan directamente sobre las vigas de hormigón armado mediante placas de anclaje, permitiendo así la transición estructural entre la estructura portante de hormigón y la cubierta ligera metálica.

Este sistema facilita la consecución de luces mayores, el arriostramiento entre módulos, y la optimización de la resistencia frente a las solicitaciones propias del clima local, especialmente ante las lluvias torrenciales y el viento. **Se trata de una solución funcional, resistente y fácilmente replicable**, que se adapta tanto a las condiciones técnicas como a las capacidades constructivas locales, donde el uso de estructuras metálicas es habitual por su **ligereza, durabilidad, bajo coste en comparación con otros sistemas y facilidad de montaje**.

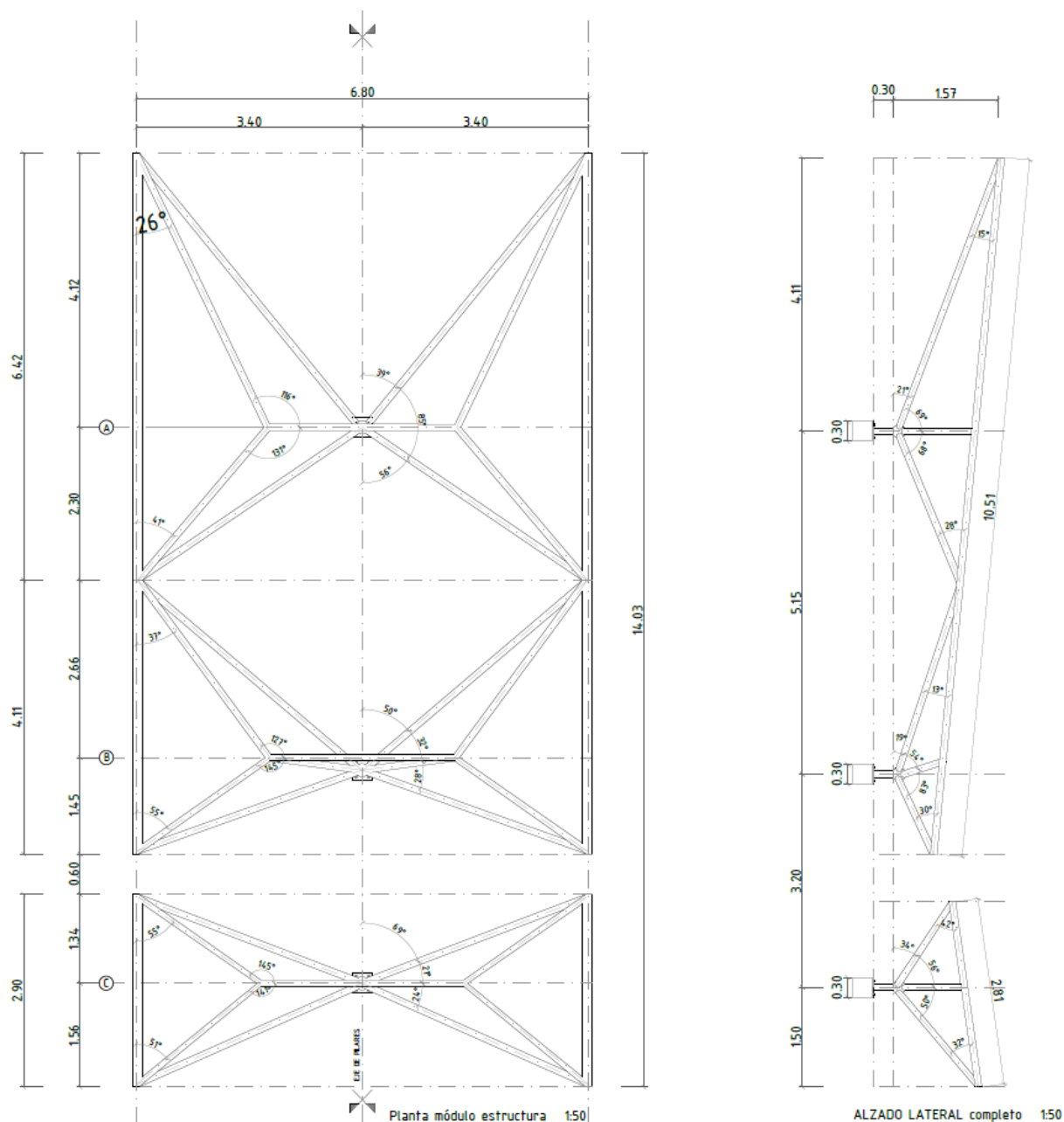


Ilustración 30. Planta y alzado subestructura tubular metálica

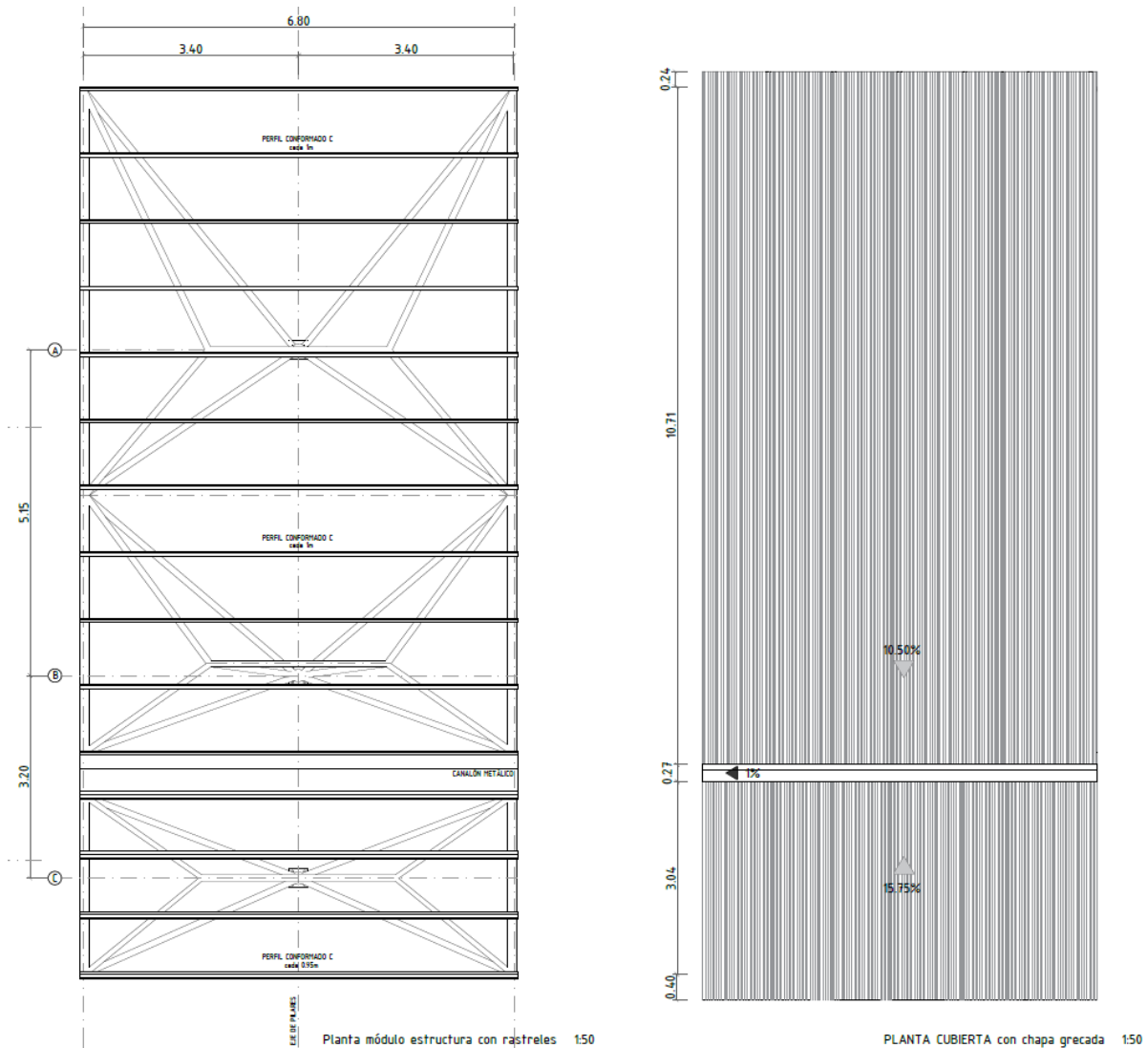


Ilustración 31. Planta cubierta metálica completa

Se presentan los alzados correspondientes a ambos lados de la cubierta con el objetivo de mostrar la variación en la percepción volumétrica y estructural según la orientación. Desde la fachada principal exterior, correspondiente al frente de los módulos en U, se distingue claramente la pendiente mayor de la cubierta, así como la proyección completa de la subestructura metálica conformada por los perfiles tubulares.

Por el contrario, desde la fachada interior, orientada hacia los pasillos de circulación, se observa la pendiente más reducida, y en segundo plano, la proyección de la chapa grecada perteneciente a la vertiente opuesta de la cubierta. Esta lectura dual del sistema de cubierta refuerza la expresividad del conjunto.

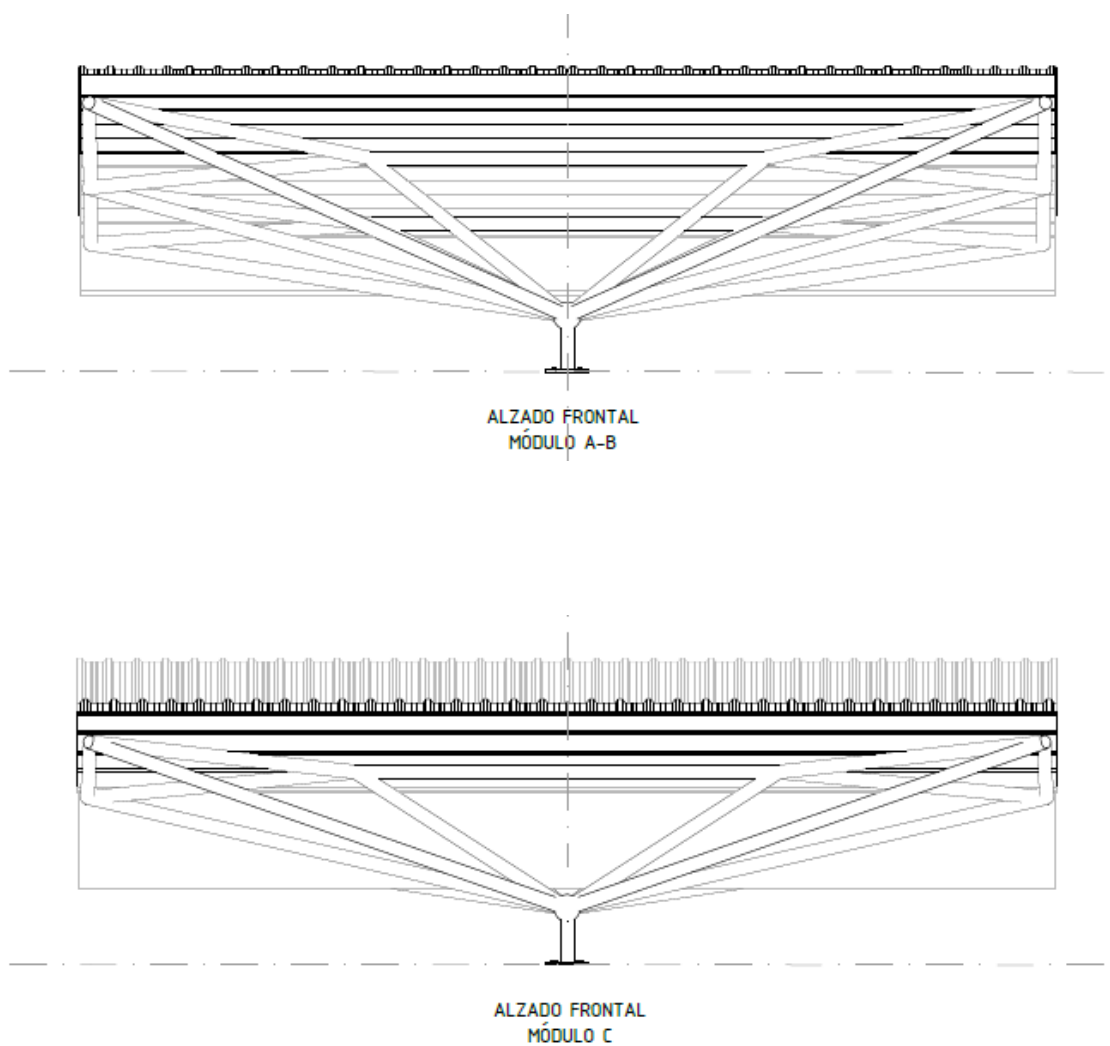


Ilustración 32. Alzados cubierta metálica completa

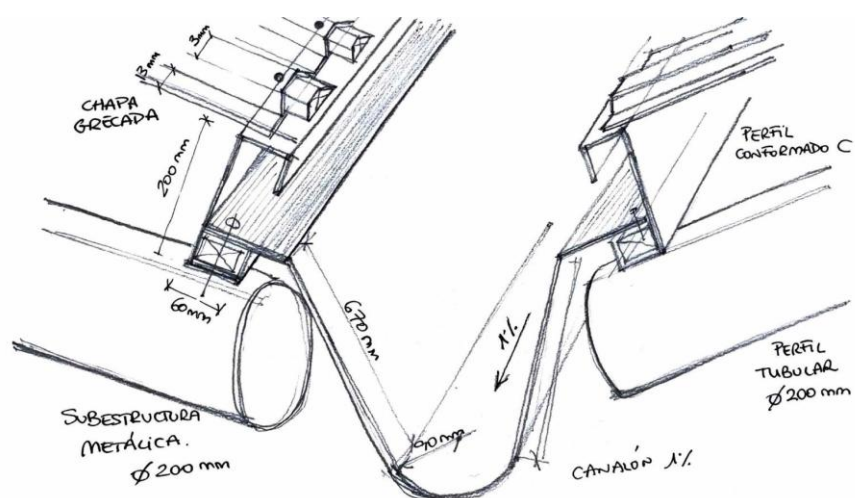


Ilustración 33. Esquema elementos constructivos cubierta metálica

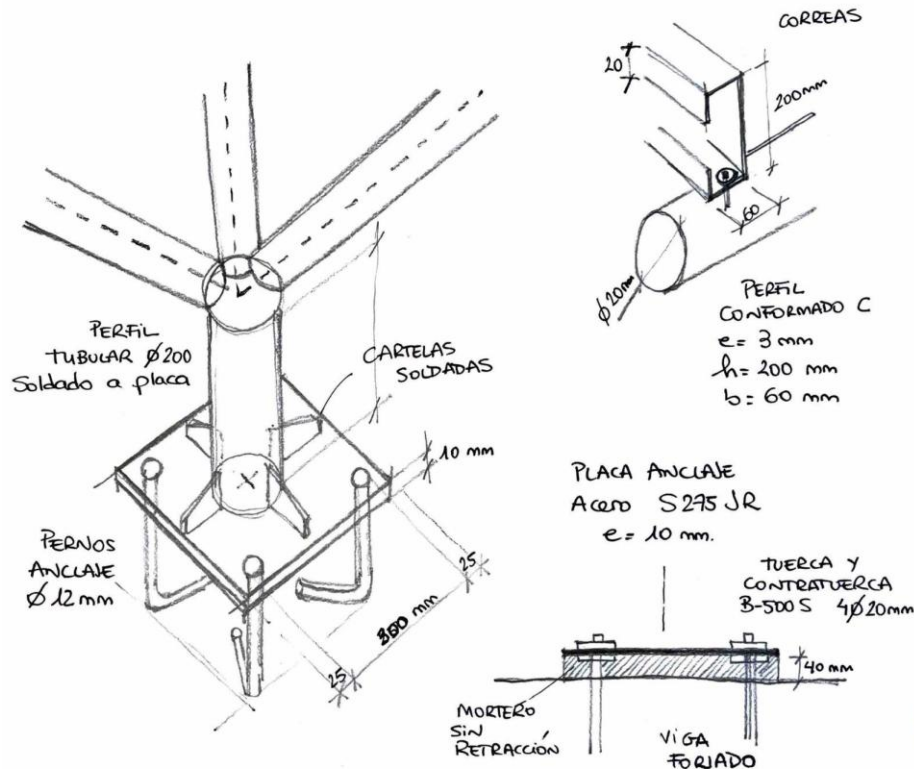


Ilustración 34. Sistema constructivo anclaje cubierta metálica

4.3. Fachadas y muros de ladrillos BTC

“ARQUITECTURA PARA CRECER JUNTOS, Desde la tierra que se pisa hacia la comunidad que se forma”

Para definir el sistema constructivo más adecuado para las fachadas del proyecto, se llevó a cabo un proceso de investigación in situ, que incluyó visitas a obras en ejecución, fabricantes locales y diálogo con agentes vinculados a la construcción en la región. Se constató que el sistema más extendido es el uso de bloques de hormigón fabricados in situ, solución vinculada al modelo de autoconstrucción predominante, que requiere menor capacitación técnica y ofrece tiempos de fraguado rápidos. Sin embargo, esta práctica suele ir acompañada de una tendencia a replicar modelos constructivos industrializados, considerados erróneamente como sinónimo de desarrollo.

Frente a esta realidad, se optó por una solución más sostenible y adaptada al clima y contexto cultural local: los ladrillos de tierra comprimida estabilizados con cemento (BTC). Producidos casi íntegramente con la tierra del lugar y sin necesidad de cocción, estos ladrillos se curan con un secado al aire antes de su colocación, minimizando el impacto ambiental y favoreciendo la economía circular local.

La elección del BTC no responde solo a criterios técnicos, sino que representa una apuesta por una arquitectura arraigada en su territorio, que dialoga con la comunidad y sus saberes. Los muros contruidos con estos materiales ofrecen una elevada masa térmica, proporcionando una inercia que mejora el confort pasivo frente a las altas temperaturas. Además, este sistema constructivo facilita la transferencia de conocimiento técnico sostenible a la población local, promoviendo la autosuficiencia y el empoderamiento a través de técnicas tradicionales adaptadas a las exigencias actuales.

Así, la arquitectura se entiende aquí como un proceso educativo y social, donde cada ladrillo colocado simboliza un paso hacia la construcción colectiva y el crecimiento compartido. Desde la tierra que se pisa hasta la comunidad que se forma, este proyecto busca generar espacios de calidad que sean capaces de perdurar y evolucionar junto a sus usuarios.

4.3.1. *Eco-brick Cameroun*

4.3.1.1. *Ventajas*

El sistema constructivo basado en bloques de tierra comprimida (BTC), también conocidos como *Eco-Bricks*, presenta múltiples **ventajas** que lo hacen especialmente adecuado para proyectos de arquitectura sostenible en contextos tropicales o en vías de desarrollo. Entre sus principales beneficios se destacan:

- **Uso de materiales locales:** Se fabrica a partir de tierra del propio emplazamiento o de áreas cercanas, lo que reduce significativamente los costes de transporte y el impacto ambiental asociado a los materiales industriales.
- **Bajo coste de producción:** No requiere procesos de cocción, lo que disminuye el consumo energético durante su fabricación, permitiendo una producción más económica y accesible.
- **Excelente comportamiento térmico:** Su elevada masa térmica proporciona una **alta inercia térmica**, lo que contribuye a estabilizar la temperatura interior frente a las condiciones extremas del clima exterior. Esto lo convierte en un material idóneo para regiones cálidas y húmedas.
- **Reducción del impacto ambiental:** Al no ser cocido, el BTC reduce las emisiones de CO₂ asociadas a procesos industriales. Es un material de bajo impacto, alineado con estrategias de construcción sostenible.
- **Mayor resistencia frente a la erosión:** Gracias a la estabilización con cemento (en proporciones controladas), los BTC presentan una resistencia superior al agua y a la intemperie en comparación con ladrillos de tierra sin estabilizar.

- **Facilidad de puesta en obra:** Permite la **autoconstrucción** con mínima formación técnica, fomentando la capacitación local, la generación de empleo y la participación activa de la comunidad en la construcción.
- **Durabilidad y versatilidad estética:** Se pueden dejar a la vista con su acabado natural, ofreciendo una estética rústica y cálida, o recibir tratamientos y revestimientos según el nivel de acabado deseado.

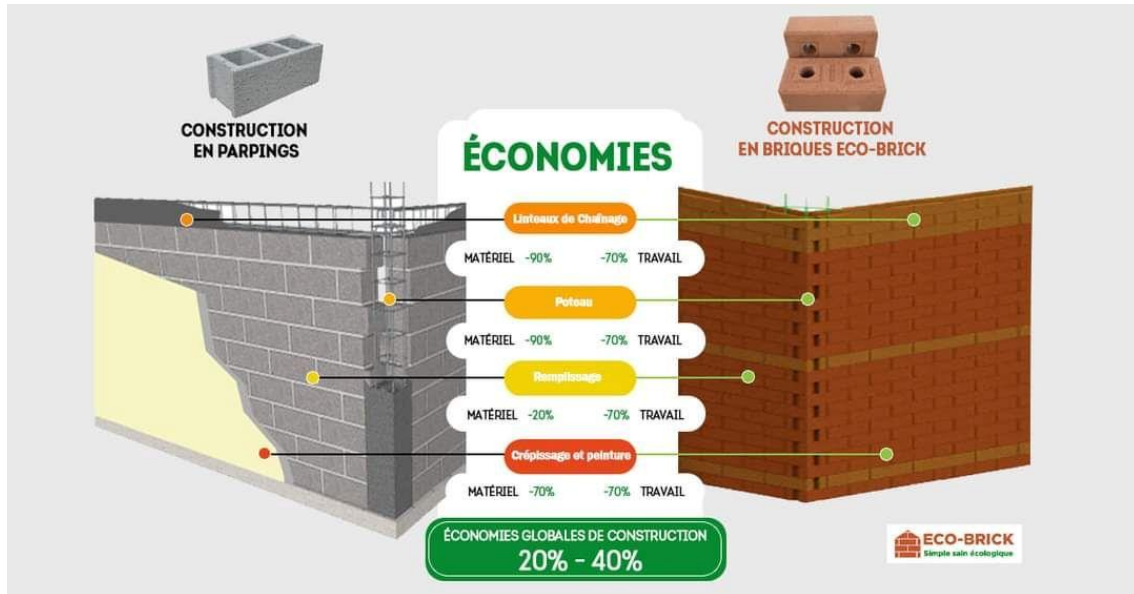


Ilustración 35. Ventajas según fabricante eco-brick (Elaborado por la empresa Eco-brick)

4.3.1.2. Resumen proceso fabricación

*Las imágenes de este apartado han sido cedidas por el fabricante "Eco-brick Cameroun"

Paso 1: Preparación del material

El proceso comienza con la **recolección y selección de la tierra** adecuada, generalmente compuesta por una mezcla de arcilla, limo y arena. Esta tierra se analiza y se mejora añadiendo arena si es necesario. Para estabilizarla, se incorpora un **5-10% de cemento o cal** y se mezcla con agua hasta lograr una consistencia plástica. Esta mezcla estabilizada mejora la resistencia mecánica y la durabilidad del ladrillo.



Paso 2: Moldeo y compresión

La mezcla húmeda se vierte en una prensa manual o semiautomática (como una CINVA-RAM), donde se compacta fuertemente para formar bloques sólidos. Este proceso garantiza la uniformidad y densidad del ladrillo sin necesidad de cocción.



Paso 3: Curado y almacenamiento

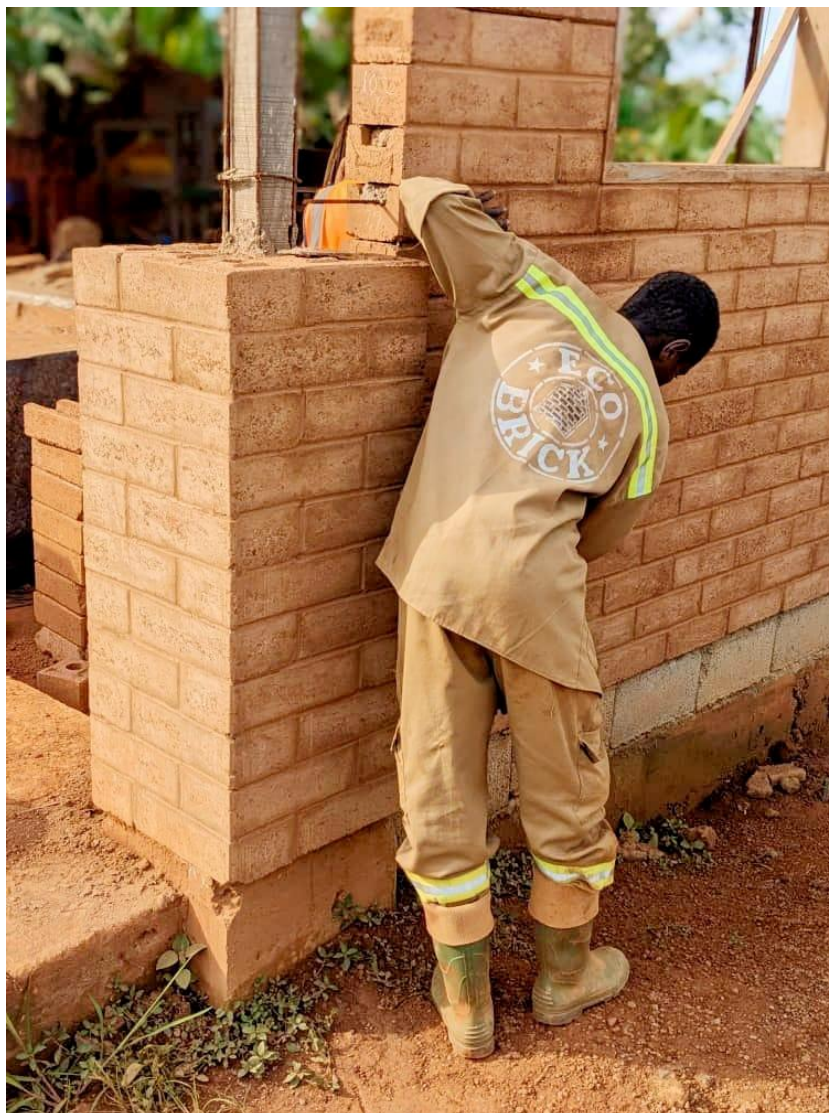
Los ladrillos recién prensados se colocan bajo sombra para evitar un secado rápido. Se realiza un **curado húmedo** durante un período de **7 a 28 días**, rociándolos con agua regularmente para permitir el fraguado adecuado del cemento. Una vez curados, se almacenan en lugares secos y protegidos hasta su uso.



Paso 4: Colocación en obra

Los ladrillos estabilizados están listos para su uso en construcción. Se colocan siguiendo técnicas convencionales de albañilería, utilizando mortero de cemento o incluso barro estabilizado, según el tipo de estructura y acabado deseado.





**BRIQUES DE TERRE AUTOBLOQUANTES STABILISÉES
POUR CONSTRUIRE DES BATIMENTS
SOLIDES ET DURABLES À MOINDRE COÛT**

4.3.1.3. ALZADOS

El módulo constructivo que genera los alzados de las fachadas de los edificios, se describe a continuación, mediante una vista tridimensional que facilita la comprensión de su lógica material y formal. La envolvente, elaborada con ladrillos de tierra comprimida, destaca como una piel viva y dinámica: su relieve y textura interactúan con la luz natural, generando un constante juego de sombras que evoluciona a lo largo del día.

Más allá de su función como cerramiento, la fachada se concibe como un elemento sensible que establece un diálogo estrecho con el entorno y sus usuarios, reflejando el ritmo cambiante del espacio y la vida que acoge. Esta elección material, además, aporta un carácter distintivo y una identidad propia al edificio.

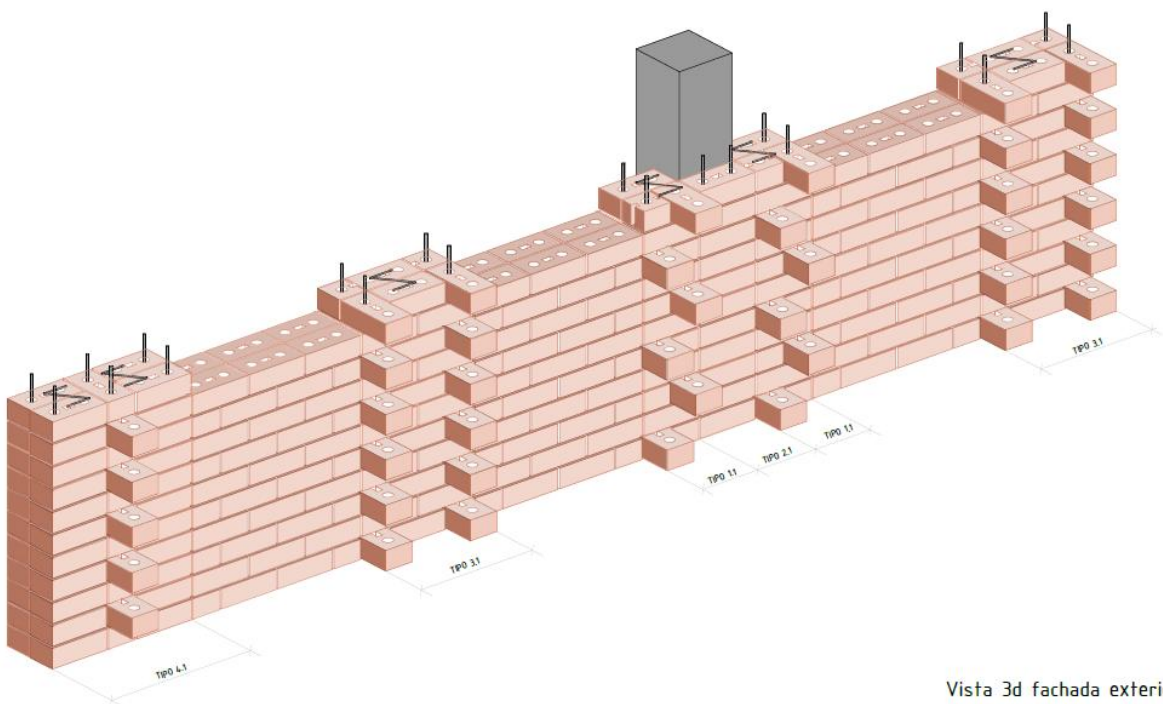


Ilustración 36. Vista axonométrica construcción módulos fachada exterior



Ilustraciones 37 y 38. Vista perspectiva fachada exterior

MÓDULOS CONSTRUCTIVOS DE LAS FACHADAS

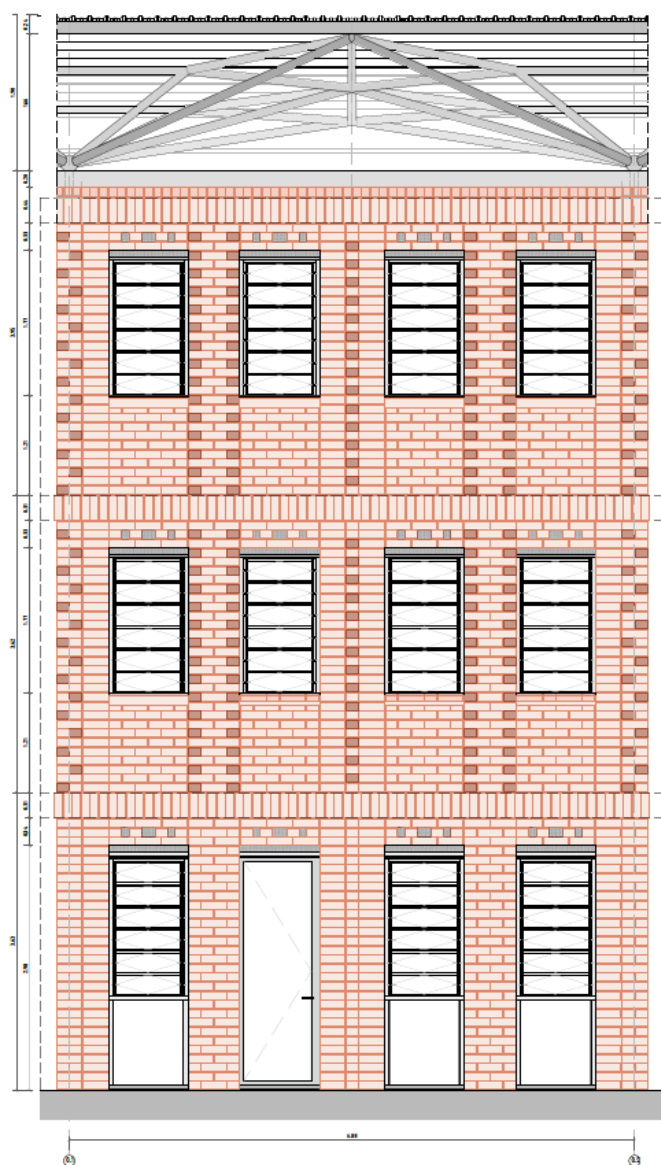


Ilustración 39. Alzados exterior e interior

5. CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA

5.1. Normativa seguridad contra incendios (CTE DB SI)

5.1.1 SI 3

Datos para el cálculo de la ocupación de cada uno de los edificios y del total del colegio, para calcular el número de salidas de evacuación y dimensionar los elementos de evacuación.

Ocupación de uso docente

- Conjunto de la planta o del edificio = 10 m²/pers.
- Locales diferentes de aulas = 5 m²/pers.
- Aulas (excepto infantil) = 1.5 m²/pers.
- Aulas de infantil y salas de lectura = 2 m²/pers.

Ocupación uso administrativo

- Plantas o zonas de oficinas = 10 m²/pers.
- Vestíbulos generales= 2 m²/pers.

Ocupación espacios de pública concurrencia

- Zonas con espectadores sentados
 - o Sin asientos definidos = 0.5 m²/pers.
 - o Con asientos definidos = 1 persona/asiento

Según la normativa, la **ocupación del edificio** es la siguiente:

- Educación infantil $O = (475.55 \text{ m}^2 / 2 \text{ m}^2/\text{pers.}) + (51.4 \text{ m}^2 / 10 \text{ m}^2/\text{pers.}) = 214$ personas
- Servicios generales, uso administrativo $O = (172.3 \text{ m}^2 / 10 \text{ m}^2/\text{pers.}) + (94.38 \text{ m}^2 / 2 \text{ m}^2/\text{pers.}) = 64$ personas
- Capilla: $O = 624.44 \text{ m}^2 / 0.5 \text{ m}^2/\text{pers.} = 1248$ personas
- Salón de actos: $O = 303$ personas
- Educación primaria $O = 490$ personas
- Educación secundaria $O = 500$ personas

Como el uso tanto de la capilla como del salón de actos será puntual, o será ocupada durante el horario escolar por los mismos alumnos del colegio, no se tienen en cuenta para hacer una previsión de ocupación total. La ocupación total será de 1.300 personas.

Número de salidas y longitud de los recorridos de evacuación

- Longitud hasta la salida de planta ≤ 25 m
- Altura máxima de evacuación:
 - o Evacuación descendente = 28 m
 - o Evacuación ascendente = 10 m

Dimensionado de los elementos de evacuación

- Puertas y pasos: $A \geq P/200$ y/o ≥ 0.80 m
- Pasillos y rampas: $A \geq P/200$ y/o ≥ 1 m
- Escaleras no protegidas
 - o Evacuación descendente: $A \geq P/160$
 - o Evacuación ascendente: $A \geq P/(160-10h)$
- Pasillos en zonas al aire libre: $A \geq P/600$

Como la superficie abierta al exterior de todas las escaleras del proyecto, es superior a $5A \text{ m}^2$ (Siendo A la anchura del tramo de la escalera), se puede considerar que son escaleras especialmente protegidas sin que precisen disponer de vestíbulos de independencia en sus accesos. Las paredes tendrán una resistencia al fuego EI 120 y las fachadas cumplen lo establecido en CTE DB SI 2.1.

$$A = 1.25 \text{ m} - \text{Superficie del hueco por planta} \geq 5 \times 1.25 = 6.25 \text{ m}^2$$

Como se cumple en todos los casos, todas las escaleras pueden considerarse especialmente protegidas.

La dotación mínima de los elementos de protección contra incendios, se justifica y describe en los planos del proyecto, en cumplimiento con lo establecido en el CTE DB SI4.

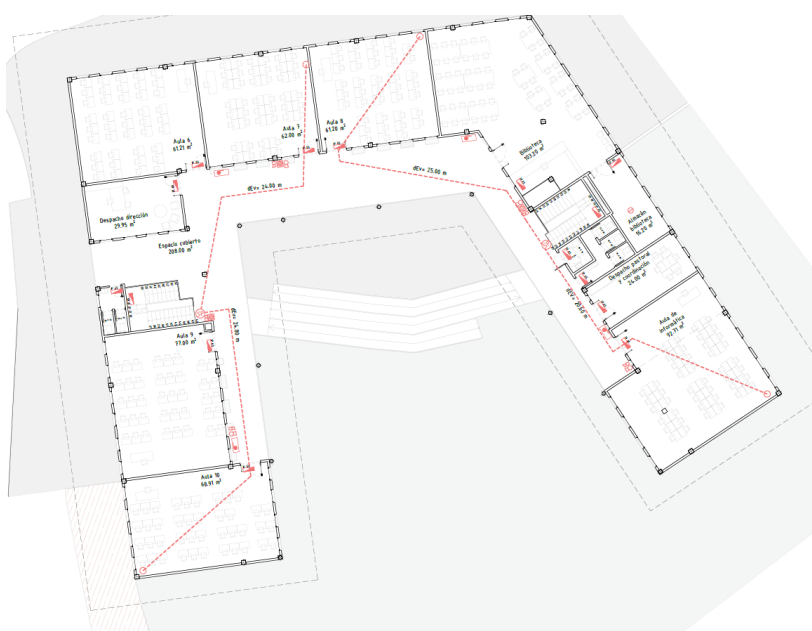


Ilustración 37. Planta primera sistemas de protección contra incendios

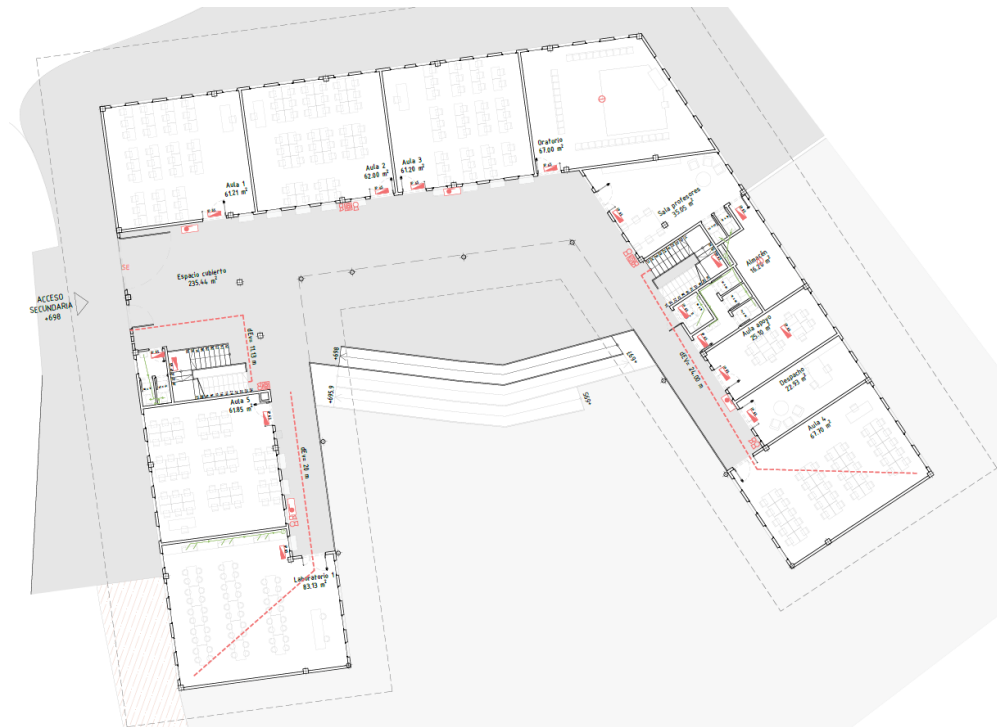


Ilustración 38. Planta baja, protección contra incendios



Ilustración 39. Planta semisótano, protección contra incendios

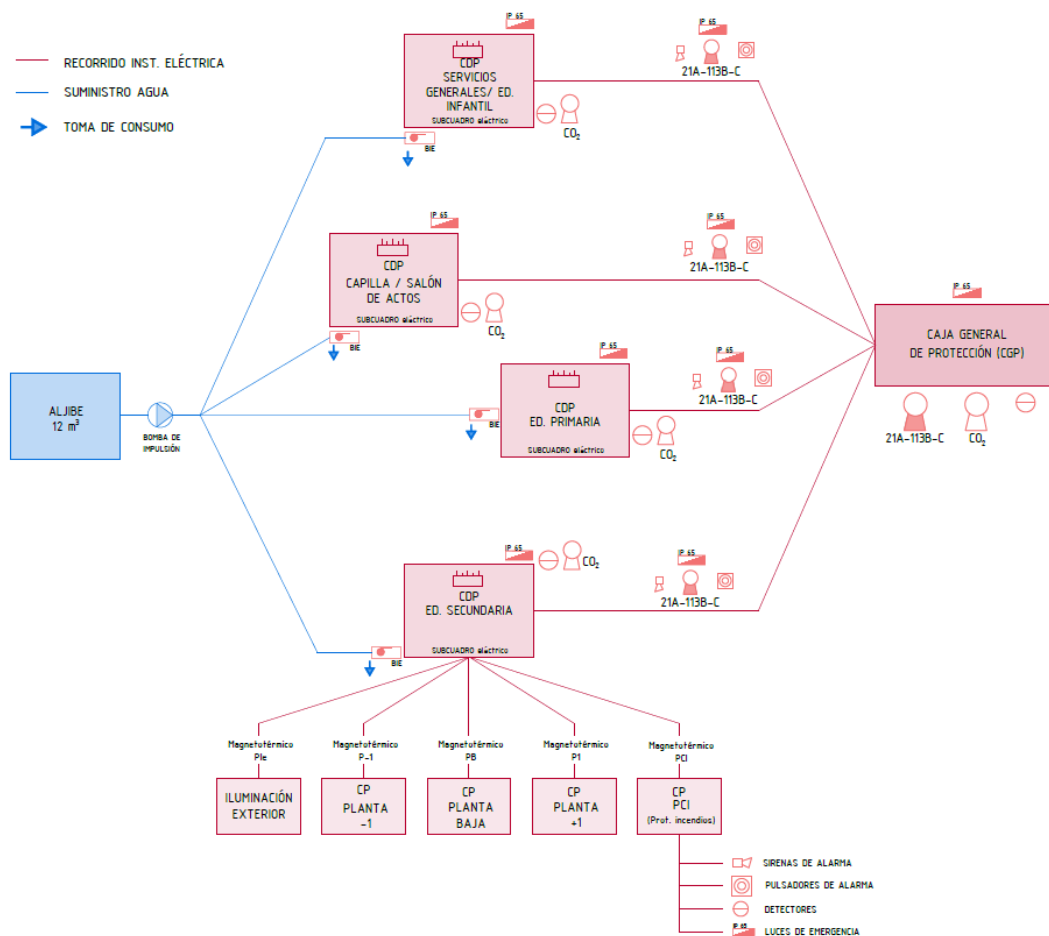


Ilustración 40. Esquema unifilar elementos de protección contra incendios vinculados a la instalación eléctrica

5.2. Reglamento de Baja Tensión

Con el objetivo de dimensionar adecuadamente la instalación eléctrica del edificio de Educación Secundaria, se ha realizado un cálculo estimativo de las principales cargas eléctricas vinculadas al uso docente y administrativo, tomando como referencia los espacios y necesidades reales del programa funcional.

En primer lugar, se ha evaluado la **carga de iluminación**, considerando luminarias de 120 W distribuidas por aulas, laboratorios, pasillos, despachos y otras dependencias. El total de luminarias instaladas asciende a 184 unidades, lo que supone una potencia total de 22,08 kW.

Por otro lado, se ha estimado la **carga asociada a las tomas de corriente** (enchufes), con una potencia unitaria de 800 W por punto de uso, instalada en aulas, despachos, laboratorios, biblioteca y espacios auxiliares. El número total de enchufes considerados es de 120, lo que representa una potencia de 96,00 kW.

La suma de ambas cargas asciende a 118,08 kW, sin incluir otros servicios técnicos. Para garantizar una capacidad adecuada frente a posibles incrementos de demanda (instalación de equipos, ampliaciones o consumos específicos), **se ha mayorado la potencia prevista a 155 kW como valor de diseño, conforme a las recomendaciones del REBT (ITC-BT-10).**

Espacio o uso	Nº luminarias	Potencia luminarias (kW)	Nº enchufes	Potencia enchufes (kW)
Laboratorio 1	8	0,96	9	7,20
Laboratorio 2	8	0,96	9	7,20
Aulas de tutoría (10)	60	7,20	60	48,00
Aula de apoyo	2	0,24	3	2,40
Sala de profesores	3	0,36	—	—
Despachos (3)	6	0,72	9	7,20
Aula de tecnología	8	0,96	9	7,20
Aula de informática	8	0,96	9	7,20
Biblioteca	8	0,96	10	8,00
Almacenes y depósito	3	0,36	2	1,60
Oratorio	6	0,72	—	—
Pasillos (PB + P1 + Sótano)	55	6,60	—	—
Baños (3 plantas)	9	1,08	—	—
Totales	184	22,08 kW	120	96,00 kW

Potencia total estimada (iluminación + enchufes): 22,08 kW + 96,00 kW = 118,08 kW

Potencia prevista de diseño (mayorada): 155,00 kW

Con el fin de garantizar el suministro eléctrico al conjunto del centro educativo, y en especial al edificio de Educación Secundaria cuya demanda estimada alcanza los 155 kW, se ha previsto la instalación de un **centro de transformación compacto de tipo interior, conforme a lo establecido en la ITC-BT-06 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).**

El centro de transformación se ubica en la planta baja del edificio de servicios generales, en un local específico con acceso independiente desde el exterior, permitiendo así la entrada directa de personal autorizado y equipos sin interferir con los recorridos internos del colegio.

El local tendrá una **superficie útil aproximada de 15 m²** (dimensiones orientativas de 3,50 × 4,00 m) y una **altura libre mínima de 3,00 m**, cumpliendo con las exigencias normativas y con las especificaciones técnicas habituales de las compañías distribuidoras. Contará con ventilación natural cruzada o forzada, puerta metálica normalizada, pavimento resistente al fuego y protección contra riesgos eléctricos.

El espacio estará preparado para albergar un **transformador compacto de 250 kVA**, así como las celdas de entrada/salida, cuadro de baja tensión, protecciones y sistema de puesta a tierra necesarios para garantizar la seguridad y continuidad del suministro.

5.2.1. Esquema de circuitos por planta

Cada planta cuenta con su propio cuadro de distribución (CP), desde el cual se derivan circuitos independientes para iluminación y fuerza. La separación funcional responde a los requisitos establecidos por el REBT en la ITC-BT-25, garantizando la seguridad, el mantenimiento y la continuidad del servicio en caso de fallo parcial.

PLANTA +1

Tipo de circuito	Nº	Denominación sugerida	Observaciones
Iluminación general	1	ILU-P1-GEN	Pasillos, aulas, biblioteca, etc.
Iluminación baños	1	ILU-P1-BAÑ	Circuito específico
Tomas aulas	1	TC-P1-AUL	5 aulas
Tomas laboratorio	1	TC-P1-LAB	Potencia elevada
Tomas biblioteca	1	TC-P1-BIB	Múltiples puestos de lectura
Tomas despachos	1	TC-P1-DESP	2 despachos
Tomas comunes/baños	1	TC-P1-COM	Aseos, limpieza

PLANTA BAJA

Tipo de circuito	Nº	Denominación sugerida	Observaciones
Iluminación general	1	ILU-PB-GEN	Aulas, sala profesores, etc.
Iluminación baños	1	ILU-PB-BAÑ	Circuito separado
Tomas aulas	1	TC-PB-AUL	5 aulas
Tomas laboratorio	1	TC-PB-LAB	
Tomas oratorio	1	TC-PB-ORA	Iluminación + posibles tomas
Tomas profesores/almacén	1	TC-PB-PROF	Potencia moderada
Tomas despacho	1	TC-PB-DESP	
Tomas aula apoyo	1	TC-PB-APOYO	
Tomas comunes/baños	1	TC-PB-COM	

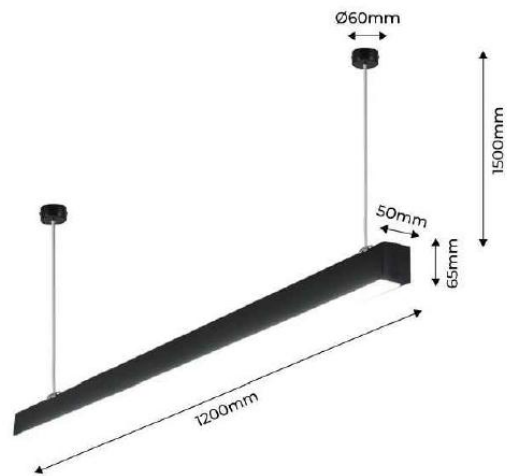
PLANTA -1

Tipo de circuito	Nº	Denominación sugerida	Observaciones
Iluminación general	1	ILU-SS-GEN	Aulas, pasillo, almacén
Iluminación baños	1	ILU-SS-BAÑ	
Tomas aula tecnología	1	TC-SS-TEC	Potencia elevada
Tomas laboratorio	1	TC-SS-LAB	
Tomas almacén	1	TC-SS-ALM	
Tomas comunes/baños	1	TC-SS-COM	

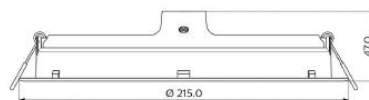
5.2.2. Luminarias

TABLA RESUMEN LUMINARIAS Y TOMAS DE CORRIENTE		
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN PRINCIPAL
Luminaria lineal LED 120 W	Luminaria empotrada o colgada para iluminación generalizada	Aulas, zonas de circulación, despachos
Luminaria tipo downlight 80W	Luminaria empotrada para iluminación localizada	Baños, almacenes y depósitos
Interruptor simple	Encendido / apagado de puntos de luz independientes	Entradas a espacios con downlights
Conmutador	Permite encendido desde dos puntos distintos	Aulas, despachos
Interruptor de cruzamiento	Permite encendido desde tres o más puntos	Zonas de gran longitud (pasillos)
Enchufe estándar	Toma de corriente para uso general	Usos comunes
Enchufe de carga	Toma de corriente con mayor capacidad	Laboratorios y talleres

Tipos de luminarias elegidos:



Luminaria lineal LED 120 W



Luminaria tipo downlight 80W

[illegible]

ACCESO SECUNDARIA +698

Escuela Secundaria N.º 698

Plano de la planta primera

El plano de la planta primera muestra la distribución de las aulas, el laboratorio, la biblioteca, la sala de profesores, la cocina, el baño y el espacio abierto. Las aulas están numeradas del 1 al 6. El laboratorio está etiquetado como 'Laboratorio'. La biblioteca es 'Biblioteca'. La sala de profesores es 'Sala profesores'. La cocina es 'Cocina'. El baño es 'Baño'. El espacio abierto es 'Espacio abierto'. Las dimensiones de las aulas son: Aula 1: 12,21 m², Aula 2: 12,09 m², Aula 3: 12,09 m², Aula 4: 12,09 m², Aula 5: 12,09 m², Aula 6: 12,09 m². El laboratorio mide 12,09 m². La biblioteca mide 12,09 m². La sala de profesores mide 12,09 m². La cocina mide 12,09 m². El baño mide 12,09 m². El espacio abierto mide 12,09 m².

57



Ilustración 43. Planta semisótano. Iluminación y electricidad

5.2.3. Placas solares fotovoltaicas

En la entrega se muestra el esquema unifilar completo de la instalación eléctrica del conjunto educativo, donde se detallan las conexiones, protecciones y dispositivos desde el punto de acometida de la red pública hasta los cuadros generales de cada uno de los edificios.

Además del suministro eléctrico convencional, cada edificio (Infantil, Primaria, Secundaria, Capilla y Salón de Actos) cuenta con una instalación fotovoltaica autónoma, compuesta por paneles solares, baterías de acumulación y sistemas de gestión de carga. Esta solución permite el funcionamiento de cada bloque de forma independiente, favoreciendo la descentralización y optimización del consumo energético.

Cada sistema solar está diseñado con circuitos diferenciados por edificio, lo que facilita una gestión eficiente tanto de la producción como del almacenamiento, aumentando la autosuficiencia energética del conjunto y reduciendo la dependencia de la red pública. Esta estrategia responde al objetivo de garantizar un suministro estable y resiliente en un contexto climático exigente, a la vez que se promueve una infraestructura educativa más sostenible.

Se adjunta, la parte del esquema unifilar referente al edificio de secundaria.

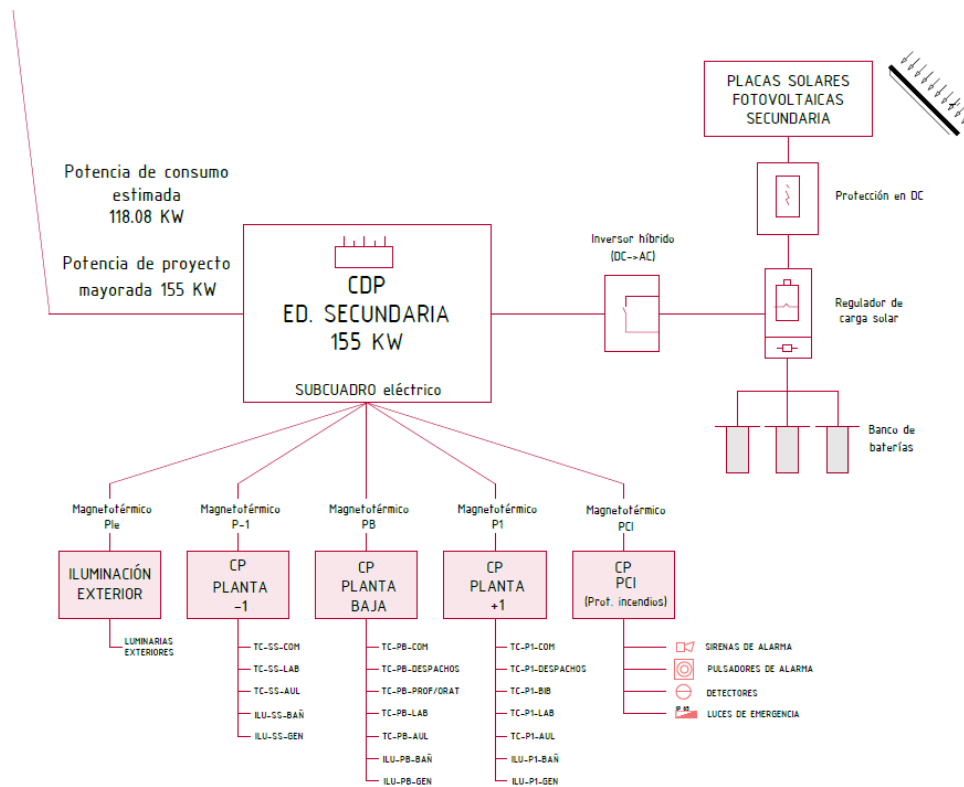


Ilustración 44. Esquema unifilar electricidad edificio de secundaria

5.3. AFS ABASTECIMIENTO AGUA CTE DB-HS 4 (Anexo A)

Dado que el proyecto se localiza en Camerún y el uso principal del agua se limita al suministro para inodoros y lavabos, se opta por una instalación exclusiva de agua fría sanitaria, sin red de agua caliente.

El suministro de agua potable al complejo educativo se ha dimensionado según los criterios establecidos por el **CTE DB-HS 4 y la norma UNE 149201**, considerando los caudales máximos de diseño facilitados por especialidad de instalaciones.

Se parte de un **caudal total de 21,45 l/s**, proveniente de la suma de demandas simultáneas de cinco sectores principales: Educación Infantil, Primaria, Secundaria, Servicios Generales, y Capilla con Salón de Actos. Se desglosa en el siguiente esquema unifilar.

Para el dimensionamiento de la acometida general y de cada ramal, se ha adoptado una velocidad máxima de circulación de 2,0 m/s en la tubería principal y de 1,8 m/s en los ramales, a fin de reducir pérdidas de carga y ruidos.

Sector	Caudal (l/s)	Diámetro Calculado	Diámetro Recomendado Comercial
Acometida General	21,45 l/s	116,9 mm	DN125 mm
Infantil	4,00 l/s	53,2 mm	DN63 mm
Servicios Generales	2,40 l/s	41,2 mm	DN50 mm
Capilla y Salón de Actos	3,15 l/s	47,2 mm	DN50 mm
Primaria	5,95 l/s	64,8 mm	DN75 mm
Secundaria	5,95 l/s	64,8 mm	DN75 mm

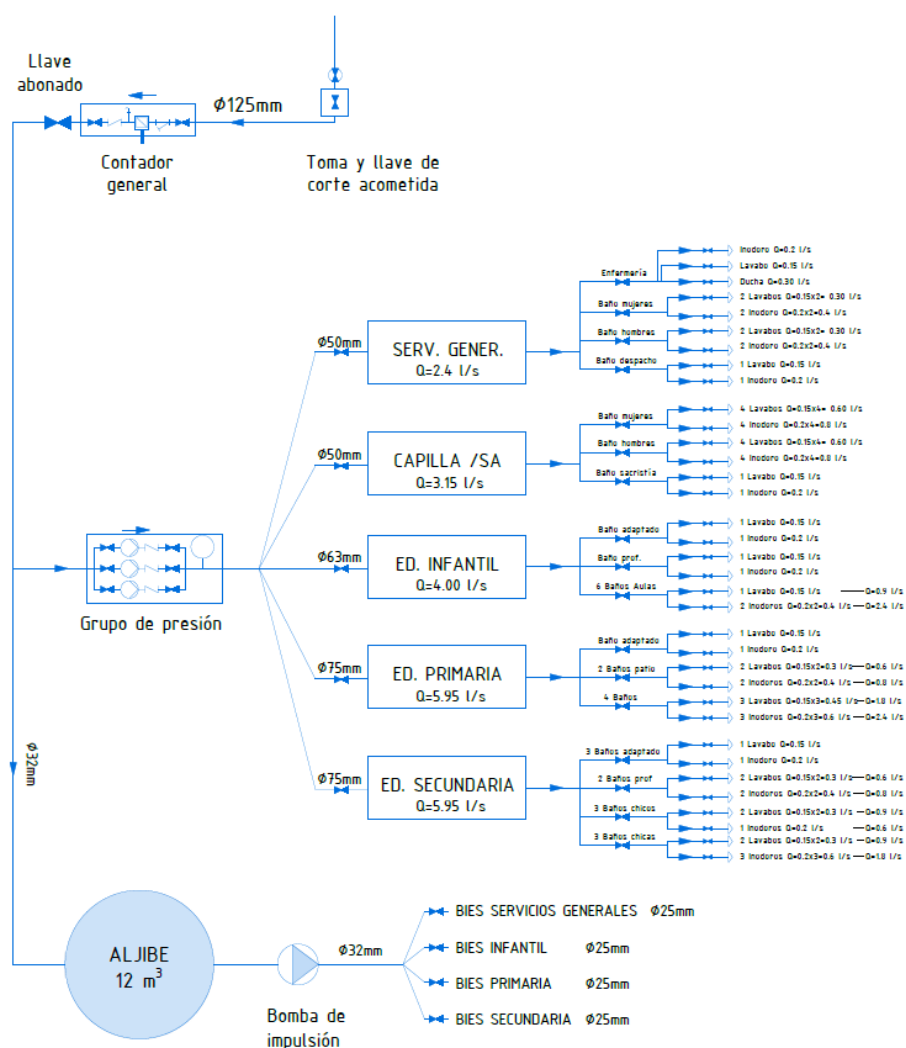


Ilustración 45. Esquema unifilar AFS y agua BIEs

5.3.1. Suministro a BIE 25 mm

La instalación contra incendios del edificio cuenta con bocas de incendio equipadas (BIEs) de 25 mm, las cuales requieren un caudal mínimo de 1,6 l/s a una presión de 2 bar en el punto de uso. Para garantizar este suministro, se ha dimensionado la red de alimentación con tubería de diámetro nominal **DN32 mm**, conforme al **CTE DB-SI y al Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RIPCI)**.

Se ha respetado la velocidad máxima de 2 m/s para evitar pérdidas de carga excesivas.

5.3.2. Dimensionado de aljibe para suministro agua a las Bocas de incendio equipadas

Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de protección contra incendios mediante Bocas de Incendio Equipadas (BIEs), se ha dimensionado un aljibe de reserva de agua exclusivo para este uso, conforme a lo establecido en el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RIPCI, RD 513/2017) y el Documento Básico SI del Código Técnico de la Edificación (CTE DB-SI).

De acuerdo con la normativa, cada BIE de 25 mm requiere un caudal de 100 litros por minuto, con una autonomía mínima de 60 minutos. El sistema está diseñado para garantizar el funcionamiento simultáneo de al menos dos BIEs, lo cual implica el siguiente cálculo:

$$100 \text{ l/min} \times 2 \text{ BIEs} \times 60 \text{ min} = 12.000 \text{ litros}$$

Por tanto, el volumen mínimo del aljibe destinado al suministro de agua para las BIEs es de 12.000 litros (12 m³).

El aljibe estará dotado de los elementos necesarios para su correcto funcionamiento: sistema de llenado, rebosadero, ventilación, acceso para mantenimiento, así como grupo de presión independiente para el servicio de incendios, debidamente señalizado.

5.4. RECOGIDA DE AGUAS (CTE DB-HS5)

El sistema de saneamiento adoptado para el proyecto se basa en una red **separativa**, que distingue entre la recogida de **aguas residuales** y **aguas pluviales**, garantizando así una correcta evacuación, tratamiento y posible reutilización de los caudales generados en el ámbito del centro educativo.

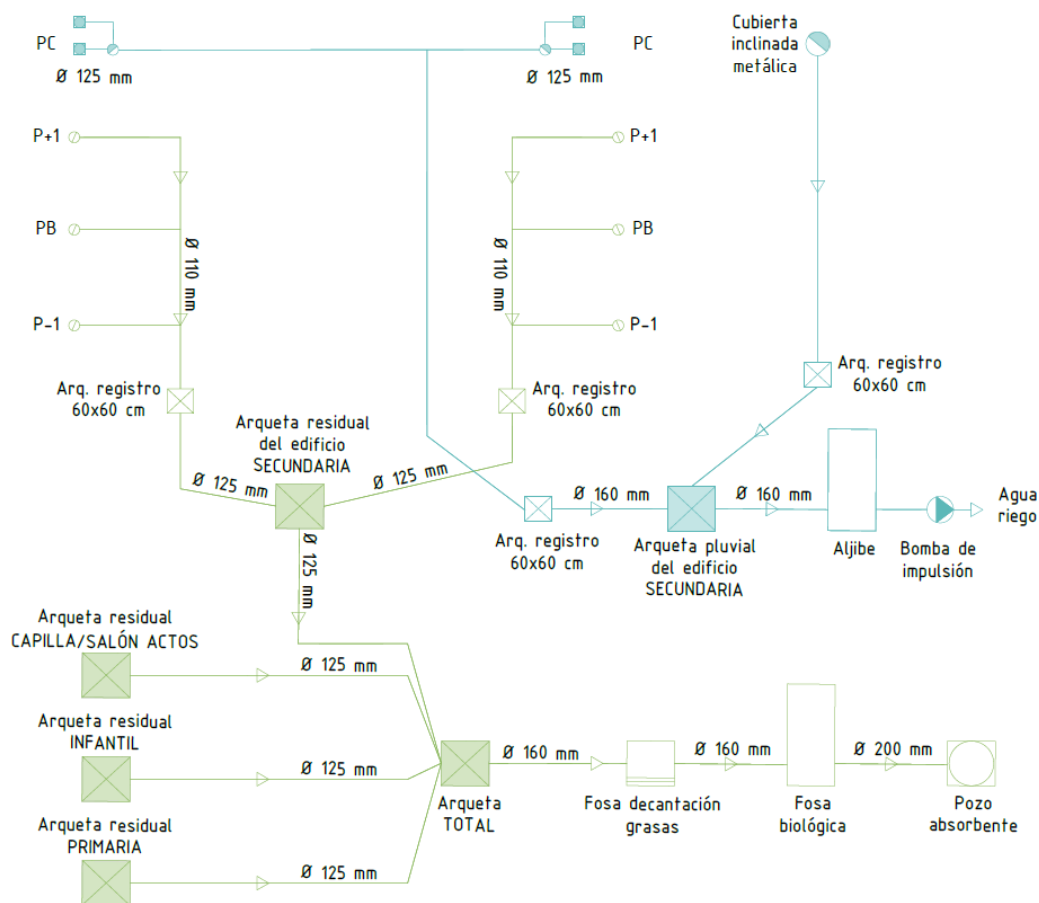


Ilustración 46. Esquema unifilar saneamiento del edificio

5.4.1. Aguas pluviales

El diseño de la recogida de aguas pluviales se ha desarrollado teniendo en cuenta la configuración específica de la cubierta del edificio, compuesta por una solución **bicapa**:

- Una **cubierta exterior metálica inclinada** a dos aguas con caída invertida, que actúa como superficie principal de recogida.
- Una **cubierta plana de hormigón**, que constituye el último forjado del edificio y sobre la que también se prevé evacuación mediante sumideros.

La **recogida del agua de la cubierta metálica** se realiza mediante canalones longitudinales situados en el punto más bajo de cada pendiente, dimensionados con una pendiente del 1 %. El cálculo de los caudales de diseño se ha realizado considerando una intensidad de precipitación $i = 210 \text{ mm/h}$, lo que implica un caudal específico $f = i/100 = 2,1 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$. Dado que los canalones proyectados no son semicirculares, se aplica un coeficiente de corrección del 10 % adicional sobre el caudal, según recomendaciones técnicas.

Los bajantes que conectan estos canalones a la red enterrada se proyectan con diámetro de 160 mm, garantizando la capacidad de evacuación incluso en episodios de lluvia intensa.

Respecto a la cubierta plana, cuya superficie total supera los 500 m², se ha dividido en zonas de recogida de 150 m², conforme a lo establecido en la **Tabla 4.6 del CTE DB-HS 5**. Cada zona dispone de **sumideros sifónicos** que canalizan el agua a través de bajantes interiores de 75 mm de diámetro, que discurren hasta las arquetas de planta baja, integrándose posteriormente a la red general exterior. Aunque el volumen de agua recogido desde la cubierta plana será notablemente inferior al de la cubierta metálica, su correcta gestión es indispensable para evitar acumulaciones o filtraciones no deseadas.

Toda el agua pluvial recogida será dirigida a un **aljibe soterrado**, específicamente diseñado para almacenamiento y posterior **reutilización en el sistema de riego** del recinto. Esta estrategia permite reducir significativamente el consumo de agua potable en un emplazamiento de gran extensión, donde las zonas ajardinadas y de huerto escolar tienen un peso considerable en el programa del centro.

5.4.2. Aguas residuales

Las **aguas residuales** generadas provienen fundamentalmente de los **núcleos de aseos** ubicados en los edificios educativos, así como de los **lavabos y desagües de los laboratorios**, oficinas y demás locales técnicos. Estas aguas se recogen mediante una **red interior gravitatoria**, trazada de forma que minimice las longitudes de conducción y facilite el mantenimiento.

Los desagües se agrupan por niveles, dirigiéndose a la planta semisótano, donde se ubican las arquetas de conexión a la red general enterrada. Esta red se desarrolla conforme al esquema general de saneamiento, incorporado en los planos del proyecto. La disposición de colectores, pendientes mínimas, ventilaciones y registros se ha proyectado según los criterios establecidos en el CTE DB-HS 5 – Salubridad, garantizando el correcto funcionamiento hidráulico y sanitario de todo el sistema.

En caso de necesidad, especialmente en puntos bajos del trazado o en zonas alejadas de las acometidas exteriores, se prevé la posibilidad de incorporar pozos de bombeo, aunque en este proyecto, la configuración topográfica del terreno y el diseño escalonado de plataformas favorecen la evacuación natural por gravedad en prácticamente la totalidad del conjunto edificado.

5.5. Normativa recogida y evacuación de residuos (CTE DB HS2)

En la normativa se establece que la situación del mismo, si el almacén está fuera del edificio, tiene que estar a una distancia menos a 25 m hasta el acceso al edificio. Así como que la anchura libre entre el almacén y el punto exterior de recogida debe ser $h \geq 1.20$ m.

Según los criterios del Documento Básico HS 2 del Código Técnico de la Edificación, se ha dimensionado el recinto de almacenamiento de residuos en función del número de usuarios del centro educativo.

Con una previsión de 1.300 personas, se ha calculado una superficie útil de 43,3 m², lo que permite la disposición de contenedores homologados, garantizando su manipulación y evacuación segura. El recinto dispone de ventilación natural cruzada, acabados lavables y acceso independiente desde el exterior, cumpliendo los requisitos de salubridad e higiene establecidos en el CTE. Está ubicado en la planta del edificio de servicios generales con un acceso exterior.

6. PRESUPUESTO**PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL**

Nº	RESUMEN DE CAPÍTULOS	IMPORTE
1	MOVIMIENTO DE TIERRAS	394.422,70 €
2	CIMENTACIÓN Y SANEAMIENTO	1.183.268,11 €
3	ESTRUCTURA	3.944.227,03 €
4	ALBAÑILERIA	2.958.170,27 €
5	CUBIERTA E IMPERMEABILIZACIONES	1.183.268,11 €
6	FALSOS TECHOS	197.211,35 €
7	REVESTIMIENTOS	986.056,76 €
8	PAVIMENTOS, ALICATADOS Y CHAPADOS	2.366.536,22 €
9	FONTANERIA Y SANEAMIENTO	1.183.268,11 €
10	APARATOS SANITARIOS	591.634,05 €
11	ELECTRICIDAD	788.845,41 €
12	INSTALACIONES CONTRA INCENDIOS	394.422,70 €
13	CARPINTERIA Y CERRAJERIA	394.422,70 €
14	PINTURAS	788.845,41 €
15	ENSAYOS	295.817,03 €
16	VARIOS	98.605,68 €
17	URBANIZACIÓN	1.972.113,52 €
	TOTAL	19.721.135,16 €

DATOS DE PROYECTO

SUPERFICIE PARCELA	18673,63 m ²
SUPERFICIE OCUPADA	3226,88 m ²
SUPERFICIE CONSTRUIDA	11204,18 m ²
SUPERFICIE A URBANIZAR	15446,75 m ²

		MODULO PEMS	
SUPERFICIE CONSTRUIDA	11204,18	1.200,00 €	
SUPERFICIE URBANIZAR	15446,75	180,00 €	

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEC)

PEMS			19.721.135,16 €
16% GASTOS GENERALES DE OBRA Y EMPRESA			3.155.381,63 €
6% BENEFICIO INDUSTRIAL			1.183.268,11 €
SUBTOTAL			24.059.784,90 €

7% IGIC (OBRA EN CANARIAS)			1.684.184,94 €
TOTAL PEC			25.743.969,84 €

7. CONCLUSIÓN

El desarrollo del proyecto del colegio *Madre Alberta* ha sido mucho más que un ejercicio académico o técnico. Se trata de un proyecto real, arraigado en un lugar concreto, con personas, necesidades y sueños tangibles. Una experiencia vital y transformadora que me ha permitido salir de mi contexto conocido, viajar a Camerún, conocer su cultura desde dentro y aprender de una realidad distinta con admiración y compromiso.

Desde el inicio, este trabajo se ha guiado por una convicción clara: la arquitectura, cuando se compromete con las personas y el entorno, tiene el poder de generar un impacto profundo. Conocer in situ las condiciones del lugar, dialogar con su gente y comprender sus modos de vida han sido claves para poder proponer una arquitectura que busca no imponer, sino que escucha, interpreta y se adapta. Una arquitectura que acompaña y construye comunidad.

Este colegio no es solo un conjunto de aulas o un proyecto constructivo. Es una plataforma educativa y social. Un espacio donde crecer, aprender y convivir. La elección de materiales locales, la apuesta por un diseño innovador en el entorno, las estrategias pasivas de confort, la gestión del agua o la autosuficiencia energética no responden solo a criterios técnicos, sino a un deseo profundo de generar un modelo replicable, sostenible y respetuoso. Un punto de referencia en el barrio que ponga en valor la importancia de la educación para el desarrollo de toda una sociedad.

Este Trabajo Final de Máster ha sido, en definitiva, una oportunidad para poner mi formación y mi pasión al servicio de algo mayor: contribuir, desde la arquitectura, al desarrollo de comunidades más justas, resilientes y conscientes. Porque educar es construir. Y construir bien es también una forma de transformar realidades, de activar oportunidades y de dar forma a un futuro compartido