



DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO

Especialización en Diseño Ambiental

PROYECTO: CENTRAL DE AUTOBUSES TIZAYUCA, HIDALGO

Arq. Jose Luis Garibay Ruiz

Director

Mtro. Roberto Gustavo Barnard Amasurrutia

CoDirector

Dr. Ruslan Gabbasov

Ciudad de México

Noviembre 2024

Agradecimientos: A CONAHCYT por el apoyo brindado para realizar mi especialidad en diseño ambiental, a la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco por permitirme continuar con mi preparación profesional y al coordinador de posgrado Mtro. Roberto Gustavo Barnard Amasurrutia y demás profesores por compartir sus conocimientos y experiencias.

Resumen

El presente trabajo tiene como propósito desarrollar el proyecto bioclimático "Central de Autobuses" ubicado en el municipio de Tizayuca, Hidalgo. El objetivo principal del proyecto es crear un punto de conexión y transición entre el Aeropuerto internacional Felipe Ángeles, municipios aledaños y estados vecinos, así como un impulsar el desarrollo turístico y económico de la localidad.

Para el planteamiento del anteproyecto se analizaron todos los elementos climáticos con el propósito de resolver eficientemente los aspectos de confort térmico, lumínico, acústico y normativo. Se recopiló la información necesaria sobre estos elementos, identificando los principales problemas y proponiendo soluciones bioclimáticas basadas en un análisis detallado, la síntesis de datos y la implementación de acciones concretas.

Las soluciones propuestas se basan en la implementación de sistemas pasivos, los cuales representan el objetivo primordial de la especialidad en diseño ambiental.

Índice

CAPITULO 1. ANTECEDENTES..... 8

 1.1 Problemática 9

 1.2 Justificación 10

 1.3 objetivo 11

CAPÍTULO 2. ANÁLISIS DE SITIO 12

 2.1 LOCALIZACIÓN 13

 2.2 TOPOGRAFÍA 16

 2.3 TIPO DE SUELO (EDAFOLOGÍA) 17

 2.4 MEDIO FÍSICO- VEGETACIÓN 18

 2.5 HIDROGRAFÍA 20

 2.6 USO DE SUELO 21

 2.7 INFRAESTRUCTURA..... 22

 2.8 EQUIPAMIENTO URBANO..... 25

CAPÍTULO 3. ANALISIS CLIMATICO 28

 3.1 CLIMA 29

 3.2 TEMPERATURA 30

 3.3 HUMEDAD 32

 3.4 RADIACIÓN SOLAR 33

 3.5 VIENTO 34

 3.6 PRECIPITACIÓN 36

 3.7 ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS 37

 3.7.1. Carta Psicrométrica 37

 3.7.2 Diagrama Bioclimático 38

 3.7.3 Temperatura Efectiva Corregida..... 39

CAPITULO 4. ANTEPROYECTO 40

CAPITULO 5. ANALISIS BIOCLIMATICO 51

 5.1 ANALISIS SOLAR 52

 5.2 ANALISIS DE VIENTO 61

5.3 Análisis térmico 63

5.4 Normatividad..... 71

5.5 ANALISIS LUMINICO..... 79

5.6 Ecotecnias 108

Conclusiones..... 123

Bibliografía 124

INDICE DE ILUSTRACIONES

fig. 1 Mapa de conexión Aeropuerto internacional Felipe Ángeles y ubicación del proyecto 10

fig. 2 Ubicación de Hidalgo en la República Mexicana. 13

fig. 3 . Ubicación de Tizayuca en el Estado de Hidalgo. 13

fig. 4 Ubicación del terreno localidad Tepojaco. Google Maps. Consultado el 07 de agosto de 2024. 14

fig. 5 . Ubicación del terreno localidad Tepojaco. Google Maps. Imagen satelital. 14

fig. 6 Vista frontal del terreno Av. Las torres. 15

fig. 7 Vista posterior del terreno calle Moctezuma 15

fig. 8 Vista Av. las torres dirección norte..... 15

fig. 9 Carta Topográfica del Municipio de Tizayuca. Fuente INEGI, 2024..... 16

fig. 10 Mapa edafológico de Tizayuca. Fuente: INEGI.2024..... 17

fig. 11 Mapa edafológico con Simbología. Fuente: INEGI. 2024 17

fig. 12 Mapa general de uso de suelo y vegetación de Tizayuca. Fuente INEGI 2020 18

fig. 13 Nopal 18

fig. 14 Magueyes. 19

fig. 15 Pirul..... 19

fig. 16 Huizache..... 19

fig. 17 Yuca..... 19

fig. 18 Mapa hidrológico del municipio de Tizayuca Fuente INEGI 2020 20

fig. 19 Mapa de uso de suelo de Tizayuca, 21

fig. 20 Mapa infraestructura hidráulica Tizayuca..... 22

fig. 21 Mapa infraestructura sanitaria Tizayuca 23

fig. 22 Mapa infraestructura eléctrica Tizayuca..... 24

fig. 23 Rutas de transporte publico Tizayuca 24

fig. 24 Ubicación de planteles educativos Tizayuca..... 25

fig. 25 Tipo de derechohabiente por localidad Tizayuca 26

fig. 26 Ubicación de espacios deportivos Tizayuca 27

fig. 27 Carta de Climas de la República Mexicana 29

fig. 28 Central de autobuses..... 41

fig. 29, central de autobuses planta conjunto..... 44

fig. 30 central de autobuses planta baja 45

fig. 31 central de autobuses primer nivel	46
fig. 32 plano arquitectónico planta baja	47
fig. 33 plano arquitectónico primer nivel	48
fig. 34 cortes arquitectónicos	49
fig. 35 fachadas	50
fig. 36 Estudio de asoleamiento	52
fig. 37 estudio solar	53
fig. 38 fachada sur solsticio de verano 12:00 hrs	53
fig. 39 fachada sur solsticio de verano 15:00 hrs	54
fig. 40 fachada sur solsticio de verano 17:00 hrs	54
fig. 41 fachada sur equinoccio de primavera 12:00 hrs	54
fig. 42 fachada sur equinoccio de primavera 15:00 hrs	55
fig. 43 fachada sur equinoccio de primavera 17:00 hrs	55
fig. 44 fachada sur solsticio de invierno 12:00 hrs	55
fig. 45 fachada sur solsticio de invierno 15:00 hrs	56
fig. 46 fachada de análisis solar orientación suroeste	56
fig. 47 fachada suroeste solsticio de verano 12:00 hrs	57
fig. 48 fachada suroeste solsticio de verano 15:00 hrs	57
fig. 49 fachada suroeste solsticio de verano 17:00 hrs	57
fig. 50 fachada suroeste equinoccio de primavera 12:00 hrs	58
fig. 51 fachada suroeste equinoccio de primavera 15:00 hrs	58
fig. 52 fachada suroeste equinoccio de primavera 17:00 hrs	58
fig. 53 fachada suroeste solsticio de invierno 12:00 hrs	59
fig. 54 fachada suroeste solsticio de invierno 15:00 hrs	59
fig. 55 fachada suroeste solsticio de invierno 17:00 hrs	59
fig. 56 Análisis de viento central de autobuses Tizayuca	61
fig. 57 Análisis de viento vista lateral	62
fig. 58 Análisis de presión de viento vista superior	62
fig. 59 Área de Estudio	63
fig. 60 diagrama solar	64
fig. 61 ficha técnica concreto celular	64
fig. 62 propiedades físicas concreto celular	64
fig. 63 propiedades físicas vitro block	65
fig. 64 propiedades físicas multipanel	65
fig. 65 propiedades físicas vidrio	65
fig. 66 propiedades físicas piso cerámico	66
fig. 67 herramienta de cálculo conuee	71
fig. 68 área de evaluación de la norma	71
fig. 69 Ubicación de elementos de la envolvente	72
fig. 70 propiedades muro 1	74
fig. 71 propiedades muro 2	74

fig. 72 propiedades muro 3	75
fig. 73 Herramienta de calculo NOM-008-ENER-2001.....	76
fig. 74 Herramienta de calculo NOM-008-ENER-2001- resultados de la envolvente	77
fig. 75 Etiqueta de eficiencia energética	78
fig. 76 Área de Estudio "Central de autobuses Tizayuca" Planta arquitectónica.....	81
fig. 77 mediciones lux	82
fig. 78 mediciones lux	82
fig. 79 mediciones lux	82
fig. 80 mediciones lux	83
fig. 81 mediciones lux	83
fig. 82 mediciones lux	83
fig. 83 mediciones lux	84
fig. 84 mediciones lux	84
fig. 85 mediciones lux	84
fig. 86 área de análisis.....	86
fig. 87 dialux iluminación natural.....	87
fig. 88 dialux iluminación natural.....	87
fig. 89 dialux iluminación natural.....	87
fig. 90 dialux iluminación natural.....	88
fig. 91 dialux iluminación natural.....	88
fig. 92 dialux iluminación natural.....	88
fig. 93 dialux iluminación natural.....	89
fig. 94 dialux iluminación natural.....	89
fig. 95 dialux iluminación natural.....	89
fig. 96 iluminación artificial, sala de espera. Dialux Evo.....	90
fig. 97 distribución de luminarias en sala de espera	91
fig. 98 propuesta de luminaria	92
fig. 99 Sala de espera Iluminancia 200 lux,	94
fig. 100 Sala de espera Iluminancia 200 lux img2.....	94
fig. 101 Distribución y mediciones de la zona de estudio.....	95
fig. 102 Iluminancia 1.....	97
fig. 103 Iluminancia 2.....	97
fig. 104 Iluminancia 3.....	97
fig. 105 Área de Estudio	99
fig. 106 evaluación acústica sala de espera	100
fig. 107 resultados reverberación.....	103
fig. 108 Requerimientos acústicos sala de espera decibeles.....	103
fig. 109 área de evaluación de aislamiento acústico.....	104
fig. 110 Oficinas ubicación de barreras acústicas.....	106
fig. 111 Requerimientos en decibeles para oficinas.....	106
fig. 112 zona de captación pluvial	108



Ciencias y Artes para el Diseño



Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**

fig. 113 Área permeable en azul	109
fig. 114 propuesta de concreto permeable	110
fig. 115 Concreto pervia Cemex ficha técnica.....	110
fig. 116 panel solar 660 w	112
fig. 117 distribución de paneles solares.....	112
fig. 118. Planta de tratamiento modular	114
fig. 119 sanitario ahorrador.....	115
fig. 120 mingitorio seco.....	115
fig. 121 llave con sensor	116
fig. 122 floxumetro alta eficiencia.....	116
fig. 123 Ubicación muro verde	117
fig. 124 sistema muro verde	118
fig. 125 Sedum	119
fig. 126 Sedum morganianum	119
fig. 127 Senecio radicans	120
fig. 128 Portulacaria afra	120

CAPITULO 1. ANTECEDENTES

El proyecto central de autobuses en Tizayuca, Hidalgo, se presenta como una solución clave para mejorar la conectividad y resolver algunas de las problemáticas que enfrenta el Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA) con respecto a la movilidad y acceso desde municipios aledaños, la Ciudad de México y estados vecinos.

El eje principal del proyecto radica en la falta de conectividad y acceso eficiente al Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA) desde diferentes puntos clave, lo cual afecta su operatividad y su potencial como un importante centro de transporte. La construcción de una central de autobuses en Tizayuca busca ser una solución, pero la problemática abarca varios aspectos:

1. Infraestructura de transporte insuficiente: El AIFA no cuenta con una red de transporte público adecuada que lo conecte de manera rápida y eficiente con otras regiones, lo que genera largos tiempos de traslado y dificultad para que los pasajeros lleguen al aeropuerto.
2. Congestión en las vías principales: Las carreteras que conectan el AIFA con la Ciudad de México y otros destinos, como la autopista México-Pachuca, sufren de saturación vehicular, lo que retrasa los viajes y afecta la accesibilidad al aeropuerto.
3. Falta de integración intermodal: No existe una coordinación efectiva entre distintos modos de transporte (como autobuses, trenes y taxis), lo que dificulta el flujo de pasajeros hacia y desde el aeropuerto.
4. Percepción negativa sobre la accesibilidad del AIFA: Debido a los problemas de conectividad, muchos viajeros consideran que el AIFA es de difícil acceso, lo que puede desincentivar su uso y afectar su competitividad en comparación con otros aeropuertos, como el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.
5. Desigual distribución de beneficios económicos: El desarrollo económico generado por el AIFA se concentra en áreas específicas, mientras que otras regiones cercanas podrían no experimentar los mismos beneficios debido a la falta de conectividad.

El proyecto bioclimático de la central de autobuses en Tizayuca aborda estas cuestiones fundamentales, al mismo tiempo que se plantea como un eje de crecimiento económico y turístico para la región.

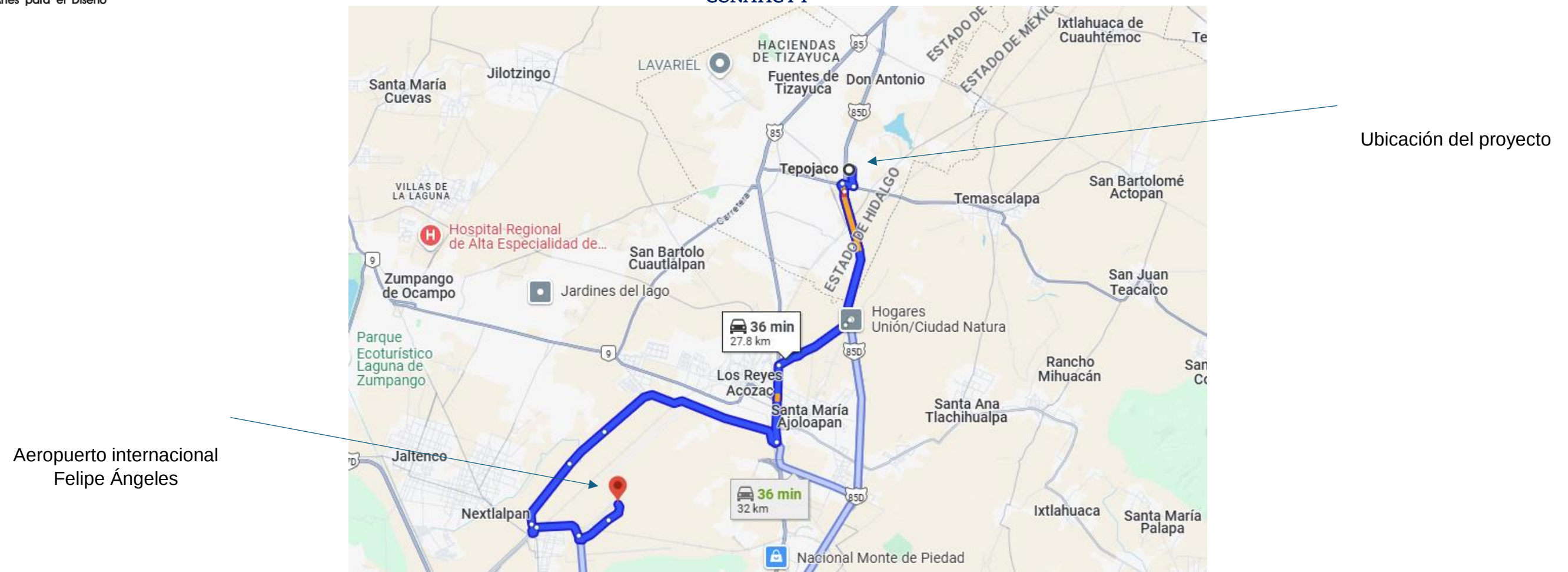


fig. 1 Mapa de conexión Aeropuerto internacional Felipe Ángeles y ubicación del proyecto

1.2 Justificación

Tizayuca es un punto de conexión estratégico para llegar al Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA). La ubicación del terreno se encuentra a una distancia de 27.8 km, la cual se recorre en aproximadamente 36 minutos, como se muestra en la figura 1.

Otros puntos relevantes para el desarrollo de la central de autobuses son los siguientes:

1. Proximidad geográfica: Tizayuca está ubicado relativamente cerca del AIFA, lo que lo convierte en un punto importante para establecer la central de autobuses o un nodo de transporte que facilite el acceso al aeropuerto sin la necesidad de recorrer grandes distancias.

2. Conexión a vías principales: Tizayuca se conecta con importantes vías de comunicación, como la carretera México-Pachuca (85D) y otras rutas que se dirigen hacia la Ciudad de México, Estado de México y otras zonas de Hidalgo. Estas conexiones permiten una movilidad eficiente hacia el AIFA desde diferentes regiones.
3. Descongestión del tráfico: El establecimiento de un nodo de transporte en Tizayuca ayudaría a descongestionar las rutas directas hacia el AIFA. Al ofrecer rutas alternativas desde Tizayuca, se podría distribuir mejor el tráfico de pasajeros y reducir la saturación en las vías más directas al aeropuerto.
4. Acceso a municipios y estados vecinos: Desde Tizayuca, es más fácil conectar no solo con la Ciudad de México y el Estado de México, sino también con municipios cercanos como Tecámac, Huehuetoca y Tequixquiac. Estos municipios también podrían beneficiarse del transporte hacia el AIFA, ampliando la red de conectividad.
5. Potencial de desarrollo regional: El mapa muestra que Tizayuca está cerca de otras áreas en crecimiento, lo que le da un potencial económico importante. El desarrollo de una central de autobuses en Tizayuca no solo mejoraría el acceso al AIFA, sino que también impulsaría el desarrollo comercial y turístico en la región.

En resumen, Tizayuca tiene una ubicación estratégica para actuar como un punto de conexión clave para el AIFA debido a su proximidad, las vías principales que lo rodean y su capacidad de descongestionar el tráfico en rutas ya saturadas hacia el aeropuerto.

1.3 objetivo

Implementar un proyecto arquitectónico bioclimático ofreciendo una solución integral que no solo optimice el transporte, sino que también aborde aspectos clave del diseño sostenible.

Al aplicar principios de arquitectura bioclimática, el proyecto garantiza que el diseño se adapte de manera eficiente al entorno local. Esto incluye la optimización del confort térmico, lumínico y acústico, así como mejorar la eficiencia energética de las instalaciones. Estos elementos son cruciales para asegurar que el proyecto cumpla con los objetivos funcionales, además que también respalde un desarrollo respetuoso con el medio ambiente.

El enfoque bioclimático contribuye a un impacto positivo en el desarrollo económico local al generar empleos directos e indirectos.

CAPÍTULO 2. ANÁLISIS DE SITIO

El predio se ubica sobre av. Las Torres S/N, localidad Tepojaco Municipio de Tizayuca Hidalgo.

El estado de Hidalgo; se localiza entre los 19°35'52" y 21°25' 00" de latitud norte, y los 97°57'27" y 99°51 '51 " de longitud oeste. Cuenta con una extensión territorial de 20 905.12 km2 de superficie dividido en 84 municipios.



fig. 2 Ubicación de Hidalgo en la República Mexicana.

El **Municipio de Tizayuca** se encuentra a 52 kilómetros de la Ciudad de México. Se ubica a 20° 50'30" latitud Norte y 99° 58'45 longitud Oeste, a una altura de 2,260 metros sobre el nivel del mar. Sus colindancias son al Norte con Tolcayuca, al Sur, Este y Oeste con el Estado de México.

Tiene una extensión territorial de 76.75 km2 lo que representa un 0.37% de la superficie del Estado de Hidalgo. Según los datos del INEGI correspondientes al 2020, la población en Tizayuca fue de 168,302 habitantes (48.7% hombres y 51.3% mujeres).



fig. 3 . Ubicación de Tizayuca en el Estado de Hidalgo.

El terreno tiene una extensión de 2.5 hectáreas, se ubica entre las calles de Moctezuma al este, Las Torres al oeste y colinda al norte con lotes habitacionales y comerciales. Sus coordenadas geográficas son: latitud 19°50'20.2"N longitud 98°57'22.1"W

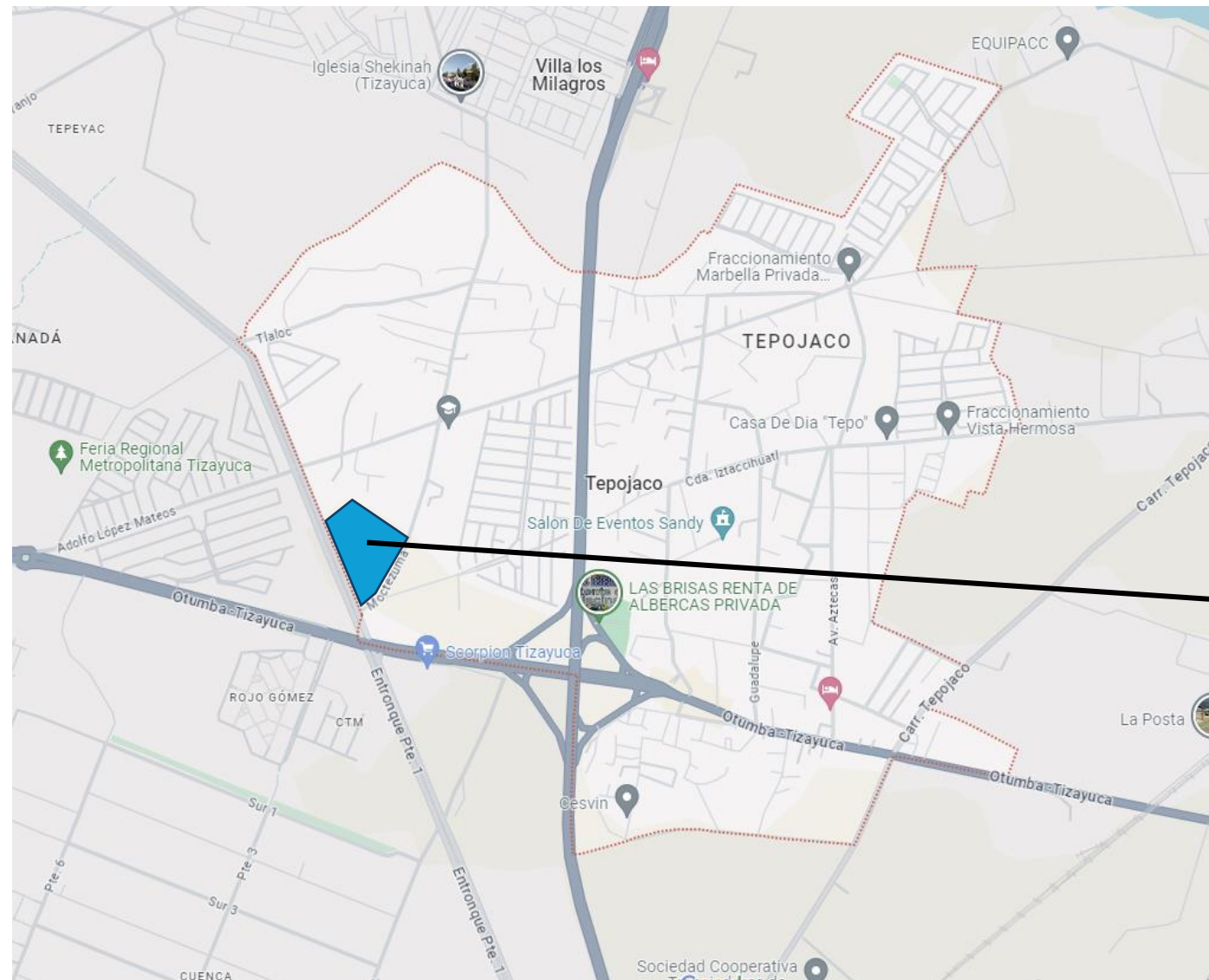


fig. 4 Ubicación del terreno localidad Tepojaco. Google Maps. Consultado el 07 de agosto de 2024.

Las vialidades principales son Boulevard ejército mexicano y avenida las torres ambas de importancia ya que conectan con las autopistas México-Pachuca tanto federal como de cuota.



fig. 5 . Ubicación del terreno localidad Tepojaco. Google Maps. Imagen satelital.



fig. 6 Vista frontal del terreno Av. Las torres.

Google maps

<https://www.google.com/maps/@19.8378832,98.9565765,3a,75y,22.29h,90.8t/data=!3m6!1e1!3m4!1srcKJelbOtXgW7X3zVK1ckq!2e0!7i16384!8i8192?coh=205409&entry=ttu> consultado el 7 de agosto 2024



fig. 7 Vista posterior del terreno calle Moctezuma

Google maps

<https://www.google.com/maps/@19.8378832,98.9565765,3a,75y,22.29h,90.8t/data=!3m6!1e1!3m4!1srcKJelbOtXgW7X3zVK1ckq!2e0!7i16384!8i8192?coh=205409&entry=ttu> consultado el 7 de agosto 2024



fig. 8 Vista Av. las torres dirección norte

Google maps

<https://www.google.com/maps/@19.8378832,98.9565765,3a,75y,22.29h,90.8t/data=!3m6!1e1!3m4!1srcKJelbOtXgW7X3zVK1ckq!2e0!7i16384!8i8192?coh=205409&entry=ttu> consultado el 7 de agosto 2024

El terreno cuenta con una topografía plana en general y sin edificaciones existentes, la vegetación de terreno se compone de pastizales y algunas hortalizas en general.

2.2 TOPOGRAFÍA

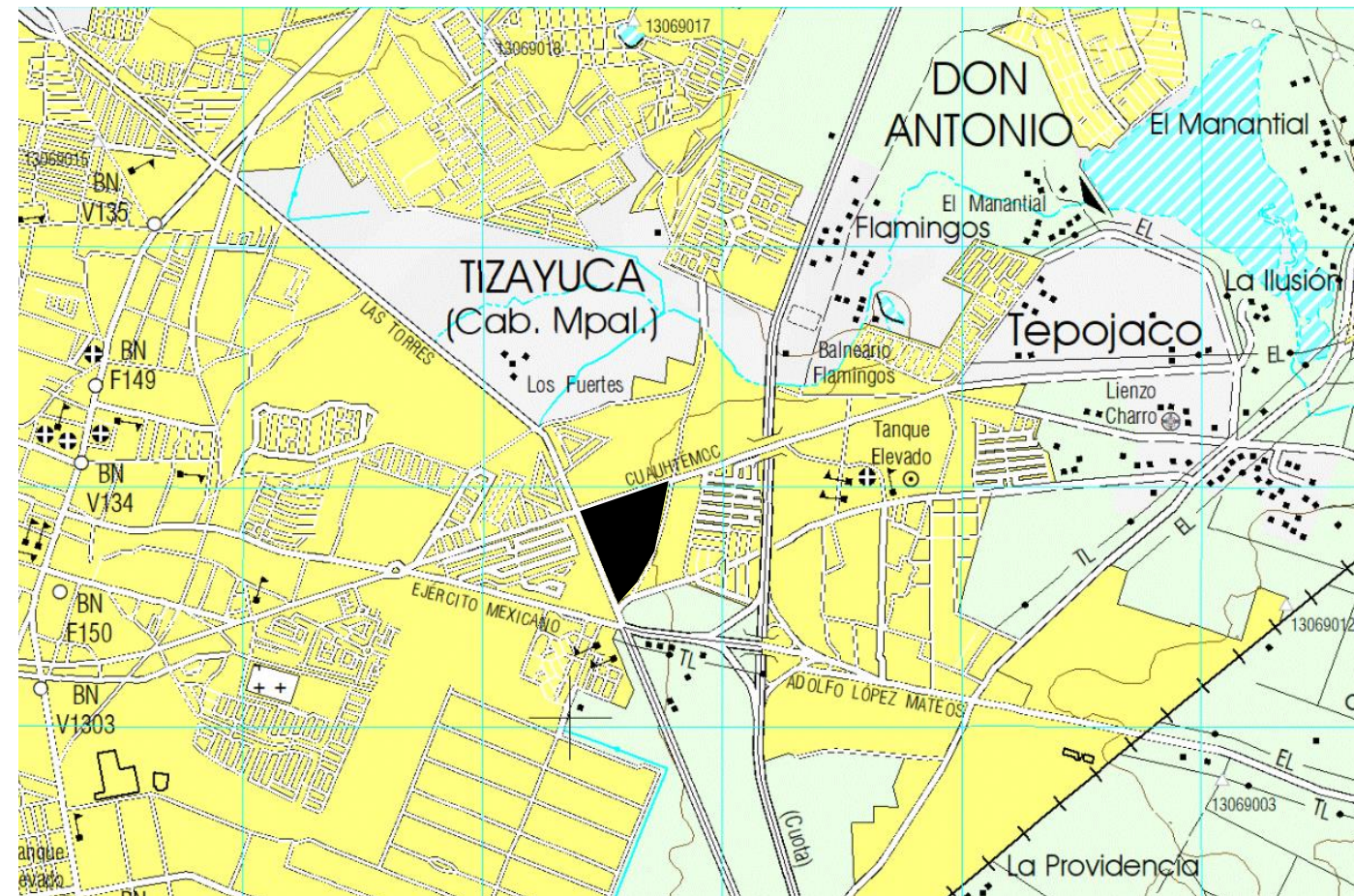
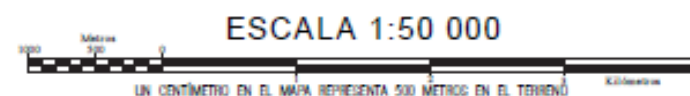


fig. 9 Carta Topográfica del Municipio de Tizayuca. Fuente INEGI, 2024.



La topografía de Tizayuca, generalmente se caracteriza por ser un área de relieve relativamente plano con algunas elevaciones muy suaves, de manera importante se encuentra una pequeña elevación ubicada al noroeste colindante al Estado de México, donde se conforma un cerro¹ llamado “Ecoparque Cerro de la Cruz”. Tizayuca se encuentra en la región central de México, específicamente en el Valle del Mezquital, que es conocido por su topografía mayormente plana.

¹ Un cerro es una elevación natural del terreno de menor altura que una montaña, generalmente con 500 metros de altura máxima. Las características de un cerro son la cumbre redondeada y una pendiente muy poco pronunciada.

2.3 TIPO DE SUELO (EDAFOLOGÍA)

Principal limitación para uso agrícola es la disponibilidad de agua. Este suelo tiene alta tendencia a la erosión.



fig. 10 Mapa edafológico de Tizayuca. Fuente: INEGI.2024

S I M B O L O G I A			
UNIDADES DE SUELO			
ACRISOL FERRICO GLEAYCO HUMICO ORTICO PLINTICO	A Af Ag Ah Ap	FLUVISOL CALCARICO DISTRICTO EUTRICO GLEAYCO TRONICO	J Jc Jd Je Jg Jt
ANDOSOL HUMICO MOLICO DORICO VITRICO	T Th Tm To Tv	GLEYSOL CALCARICO DISTRICTO EUTRICO HUMICO MOLICO PLINTICO VERTICO	G Gc Gd Ge Gh Gm Gp Gv
ARENOSOL ALBICO CAMARICO FERRALICO LUVICO	Q Qa Qc Qd Qf	HISTOSOL DISTRICTO EUTRICO	O Od Oe
CAMBISOL CALCARICO CRONICO DISTRICTO EUTRICO FERRALICO GLEAYCO HUMICO VERTICO	B Ba Bc Bd Be Bf Bg Bh Bi	LITOSOL ALBICO CALCARICO CRONICO GLEAYCO HUMICO ORTICO PLINTICO VERTICO	I La Lc Ld Le Lf Lg Lh Li
CASTAÑOZEM CALCARICO HAPLICO LUVICO	K Ka Kb Kc	NITOSOL DISTRICTO EUTRICO HUMICO LUVICO	N Nd Ne Nh
CHERNOZEM CALCARICO HAPLICO LUVICO	C Ca Cb Cc	PLANOSOL DISTRICTO EUTRICO HUMICO LUVICO SOLONICO	W Wa Wb Wc Wd We Wf Wg Wh
FEOZEM GLEAYCO HUMICO HAPLICO LUVICO	H Ha Hb Hc Hd He	PODZOL GLEAYCO HUMICO ORTICO PLINTICO	P Pa Pb Pc Pd Pe Pf Pg Ph Pi Pj Pk Pl Pm Pn Po Pp
		PODZOLUVISOL DISTRICTO EUTRICO GLEAYCO	D Da Db Dc De Df Dg
		RANKER	U
		REGOSOL CALCARICO DISTRICTO EUTRICO GLEAYCO	R Ra Rb Rc Rd Re Rf Rg Rh Ri Rj Rk Rl Rm Rn Ro Rp Rq Rr Rs Rt Ru Rv Rw Rx Ry Rz
		RENDZINA	E
		SOLOCHAK GLEAYCO MOLICO ORTICO TAKIRICO	Z Za Zb Zc Zd Ze Zf Zg Zh Zi Zj Zk Zl Zm Zn Zo Zp Zq Zr Zs Zt Zu Zv Zw Zx Zy Zz
		SOLONETZ ALBICO GLEAYCO MOLICO ORTICO	S Sa Sb Sc Sd Se Sf Sg Sh Si Sj Sk Sl Sm Sn So Sp Sq Sr Ss St Su Sv Sw Sx Sy Sz
		VERTISOL CRONICO PELICO	V Va Vb Vc Vd Ve Vf Vg Vh Vi Vj Vk Vl Vm Vn Vo Vp Vq Vr Vs Vt Vu Vv Vw Vx Vy Vz
		XEROSOL CALCARICO DISTRICTO EUTRICO HUMICO LUVICO TAKIRICO	X Xa Xb Xc Xd Xe Xf Xg Xh Xi Xj Xk Xl Xm Xn Xo Xp Xq Xr Xs Xt Xu Xv Xw Xx Xy Xz
		YERMOSOL CALCARICO DISTRICTO EUTRICO HUMICO LUVICO TAKIRICO	Y Ya Yb Yc Yd Ye Yf Yg Yh Yi Yj Yk Yl Ym Yn Yo Yp Yq Yr Ys Yt Yu Yv Yw Yx Yy Yz

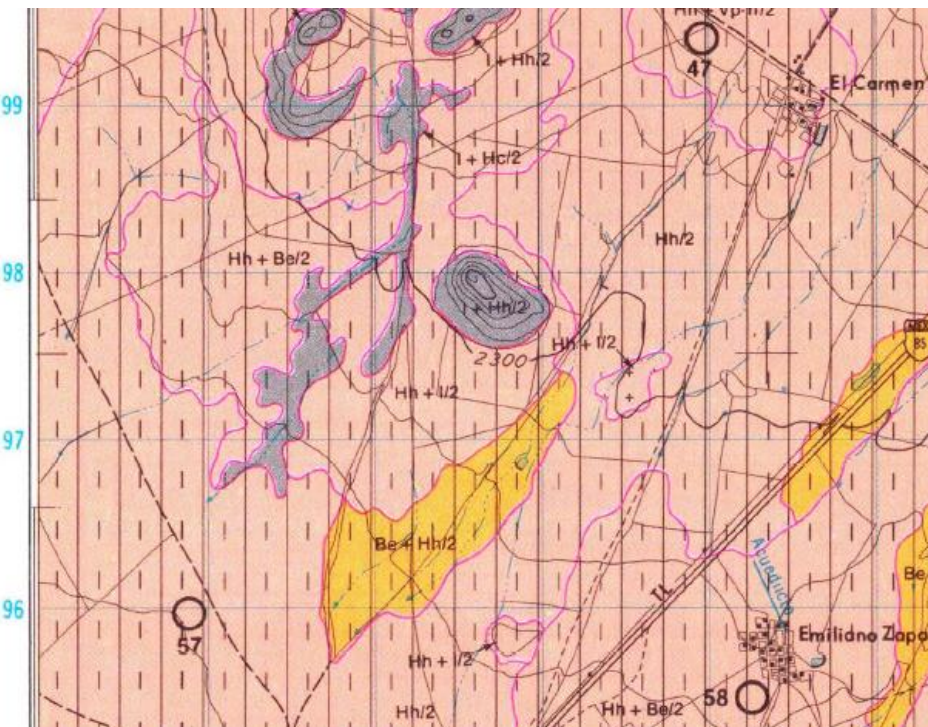


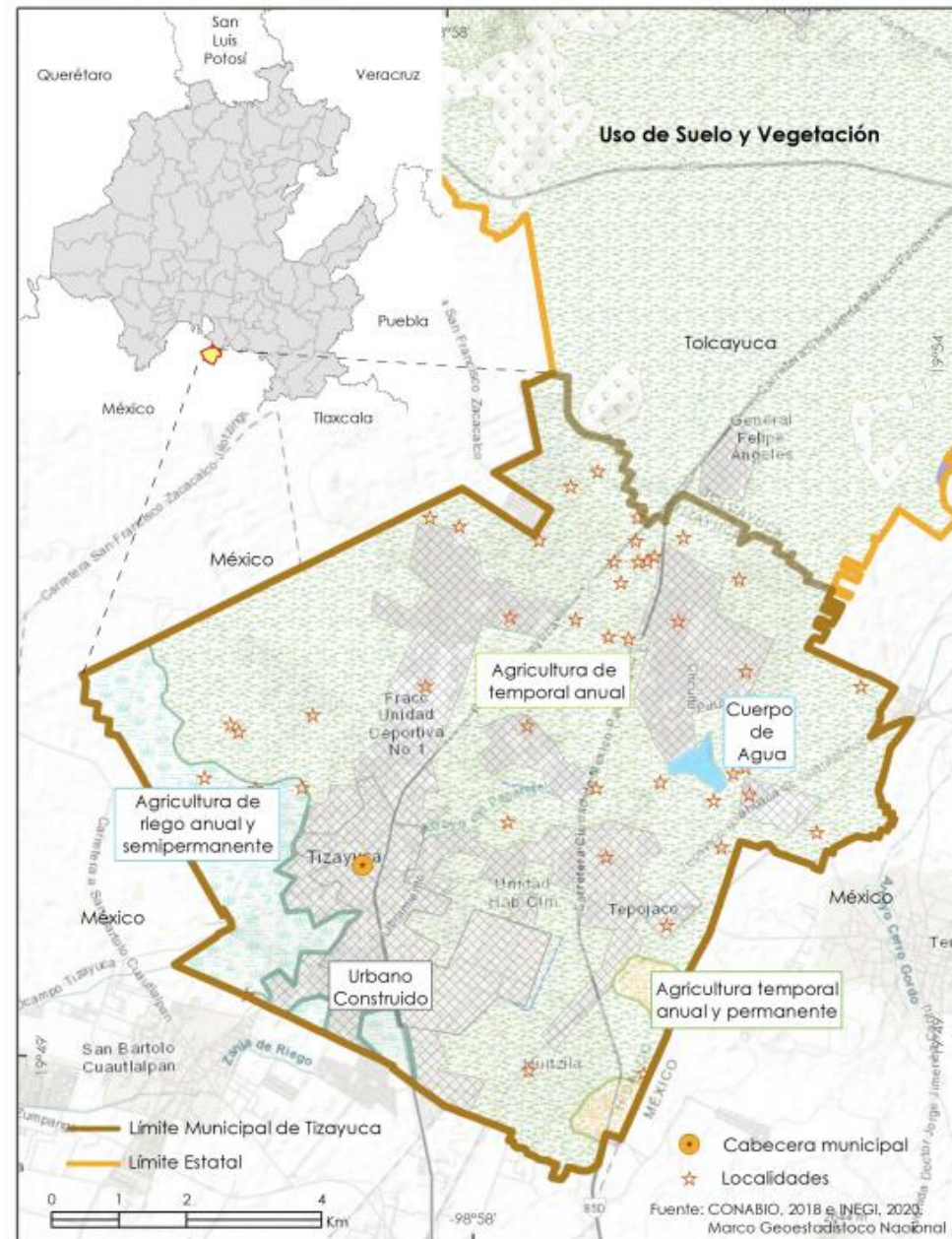
fig. 11 Mapa edafológico con Simbología. Fuente: INEGI. 2024

El Municipio tiene suelo Feozem con textura media y es eminentemente plano, se caracteriza por su alto contenido de minerales y materia orgánica, lo que lo hace fértil y apto para la agricultura, su

²La llanura aluvial hace referencia a un terreno plano que se desarrolla a través del depósito gradual de sedimentos transportados por corrientes de agua. Estos sedimentos, arrastrados por los ríos y arroyos, se acumulan y forman una superficie plana que se extiende a lo largo de las márgenes de los cuerpos de agua.

2.4 MEDIO FÍSICO- VEGETACIÓN

Usos de Suelo y Vegetación del Municipio de Tizayuca.



EL INEGI en 2005 informó que de un total de 77.20 Km2 de superficie Municipal de Tizayuca, 67.39 Km2 son suelos de uso agrícola y el restante es prácticamente zona urbana.

Lo que no está cubierto con zona urbana, está dedicado a la agricultura, y de acuerdo a la Comisión Estatal de Ecología, es el único Municipio de la región central donde no hay vegetación nativa conservada.

La vegetación predominante en el municipio pertenece a la categoría de Matorral Crasicaule, predominando especies pertenecientes al clima árido como los cactus, magueyes, nopales, yucas, pirules y huizaches, entre otros.



fig. 13 Nopal

Nopal, Fuente: Rojas L. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/nopales>, 22 julio 2023

fig. 12 Mapa general de uso de suelo y vegetación de Tizayuca. Fuente INEGI 2020



fig. 14 Magueyes.

<https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/magueyes>



fig. 15 Pirul. <https://enciclovida.mx/especies/162760-schinus-molle>, Consultado el 07 de agosto del 2024



fig. 16 Huizache.

<https://www.huizache.org/sobre-el-huizache> Consultado el 07 de agosto del 2024



fig. 17 Yuca Fuente. <https://www.elmundoforestal.com/portfolio/yuca/> Consultado el 07 de agosto del 2024

2.5 HIDROGRAFÍA

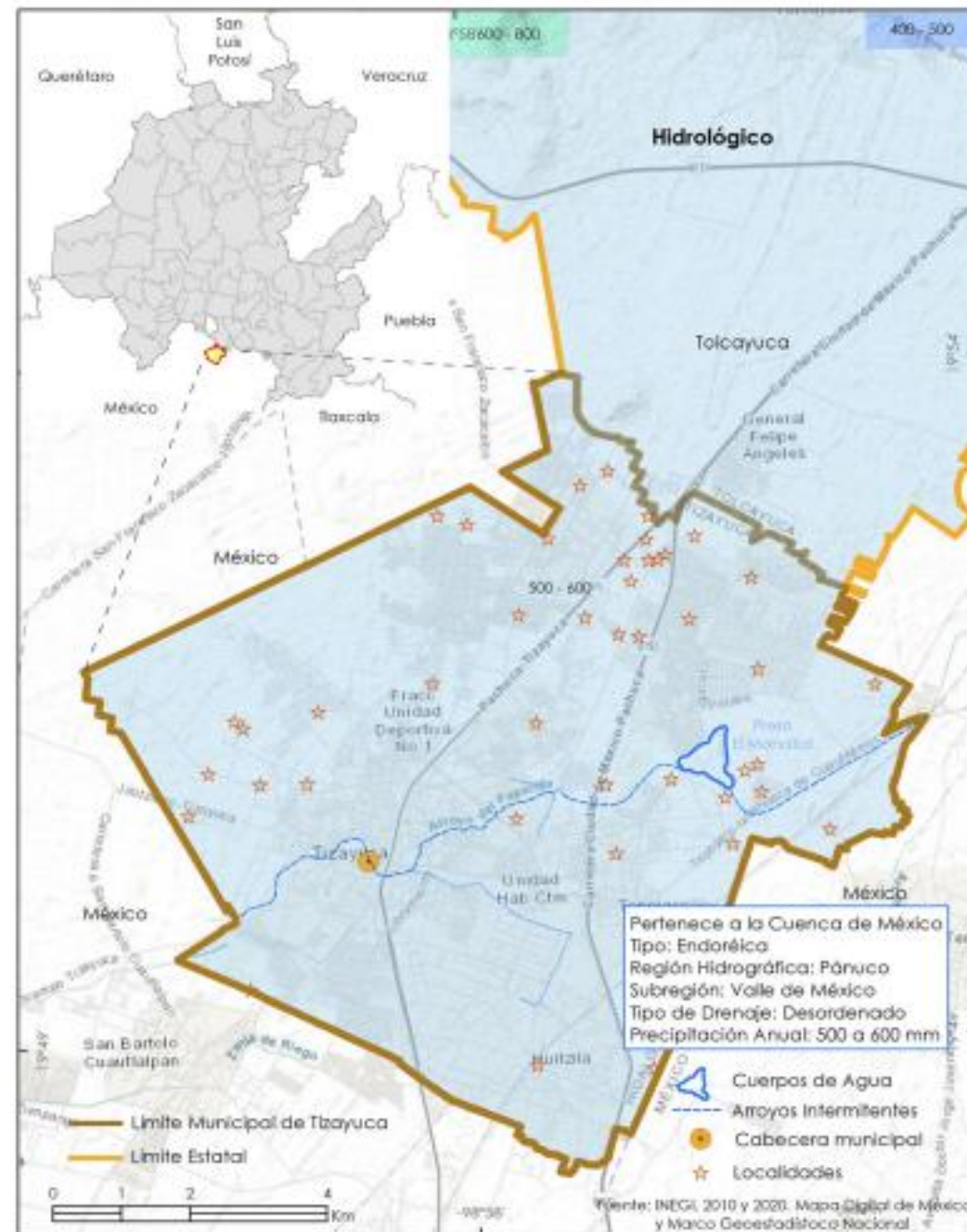


fig. 18 Mapa hidrológico del municipio de Tizayuca Fuente INEGI 2020

El 100% de las aguas superficiales del municipio, pertenecen a la cuenca del Río Tezontepec, a su vez parte de la Cuenca del Río Moctezuma dentro de la Región Hidrológica de la Cuenca del Pánuco.

Existe un río pequeño de tipo intermitente, que viene desde la Ciudad de Pachuca, llamado Río las Avenidas, que cruza la zona metropolitana de Tizayuca y cuenta con dos pequeños afluentes de tipo intermitente: el Río Sosa y el Río Papalote ambos fuertemente contaminados. El arroyo Papalote se junta con el de Las avenidas en la represa “El Manantial”, ubicada al noreste de la cabecera municipal de Tizayuca, la cual es usada para riego.

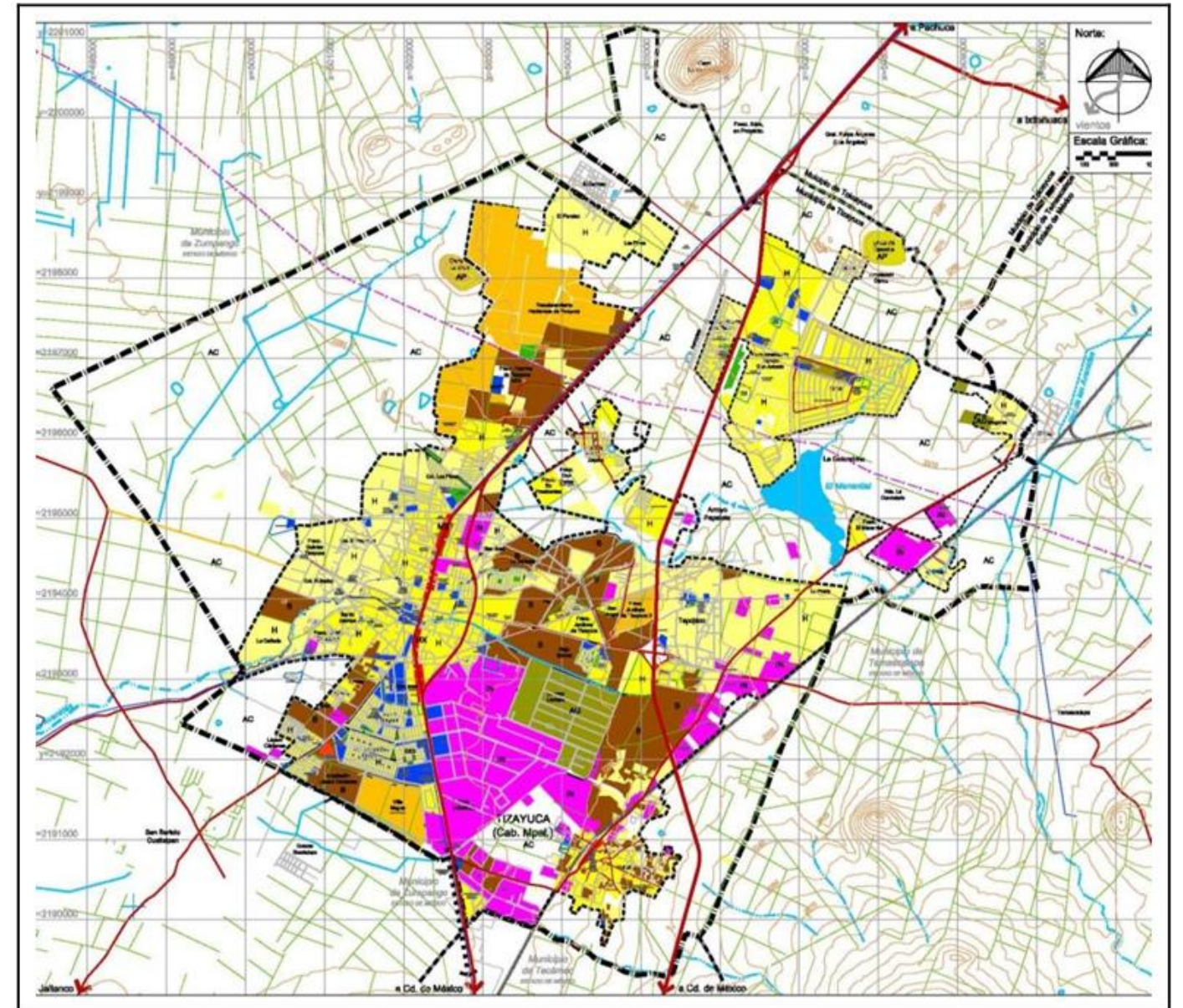
El Río de las Avenidas atraviesa luego el municipio hasta desembocar en la actualidad al Gran canal del desagüe, en el Estado de México. Su caudal en la época de lluvias es originado de los escurrimientos que se registran en el sitio Las Ventanas alrededor de la presa El Jaramillo, en la parte alta de la Sierra de Pachuca y durante el periodo de estiaje solo recibe aguas residuales de los sistemas de drenaje urbano de Pachuca.

Para el consumo de agua Tizayuca se surte de pozos propios y la alteración de los patrones de infiltración debido a la urbanización, así como el aumento de la demanda, pueden significar que la población carezca de agua suficiente en el futuro cercano

2.6 USO DE SUELO

A nivel municipal, se ilustra un desglose de los principales usos urbanos de manera detallada. Se identificaron los usos como: el habitacional, industrial, comercial, equipamiento, agroindustrial, agrícola y el suelo en su estado natural.

Área urbana		
Vivienda		H Habitacional
		H Habitacional baja densidad
		B Baldíos Urbanos
		Áreas en proceso de consolidación.
Equipamiento		EC Educación y Cultura
		SA Salud y Asistencia Social
		CA Comercio y Abasto
		CT Comunicaciones y Transportes
		RD Recreación y Deporte
		ADS Administración Pública y Servicios Urbanos
		C Cementerio
		SU Subcentro Urbano
		CB Centro de Barrio
Corredor		MDX Mxto (comercio y vivienda)
Industria		IN Industria
		AG Agroindustria
Área no urbana		
Áreas verdes		AC Área de Cultivo
		AP Áreas con pendiente mayor al 5%



Fuente: *fig. 19 Mapa de uso de suelo de Tizayuca,*
<https://www.tizayuca.gob.mx/Transparencia/IMDUyV/Articulo70/IncisoF/ORDENAMIENTOTERRITORIAL/PLANMAESTRODESARROLLOMETROPOLITANOVALLEDETIZAYUCA.pdf>

2.7 INFRAESTRUCTURA

Infraestructura Hidráulica

El área responsable del agua potable en el municipio es la Comisión de Agua y Alcantarillado del Municipio de Tizayuca, Hidalgo (CAAMTH), que está conformada por la Junta de Gobierno, Departamento Jurídico, Dirección Administrativa, Dirección Comercial, Dirección Técnica y Dirección Operativa.

Características de las Vivienda	Número de Viviendas
Viviendas particulares habitadas	45,776
Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada y se abastecen del servicio público de agua	43,750
Viviendas particulares habitadas que disponen de tinaco	25,437
Viviendas particulares habitadas que disponen de cisterna o aljibe	6,897

Tabla 1. Hogares de Tizayuca con servicio de agua potable, Fuente INEGI 2020

Actualmente la Comisión de Agua y Alcantarillado del Municipio de Tizayuca cuenta con un total de 24 pozos de agua para abastecer a todas las viviendas del municipio, de los cuales 12 son propiedad del municipio y los 12 restantes son propiedad de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) que abastecen al municipio desde el año de 1977.

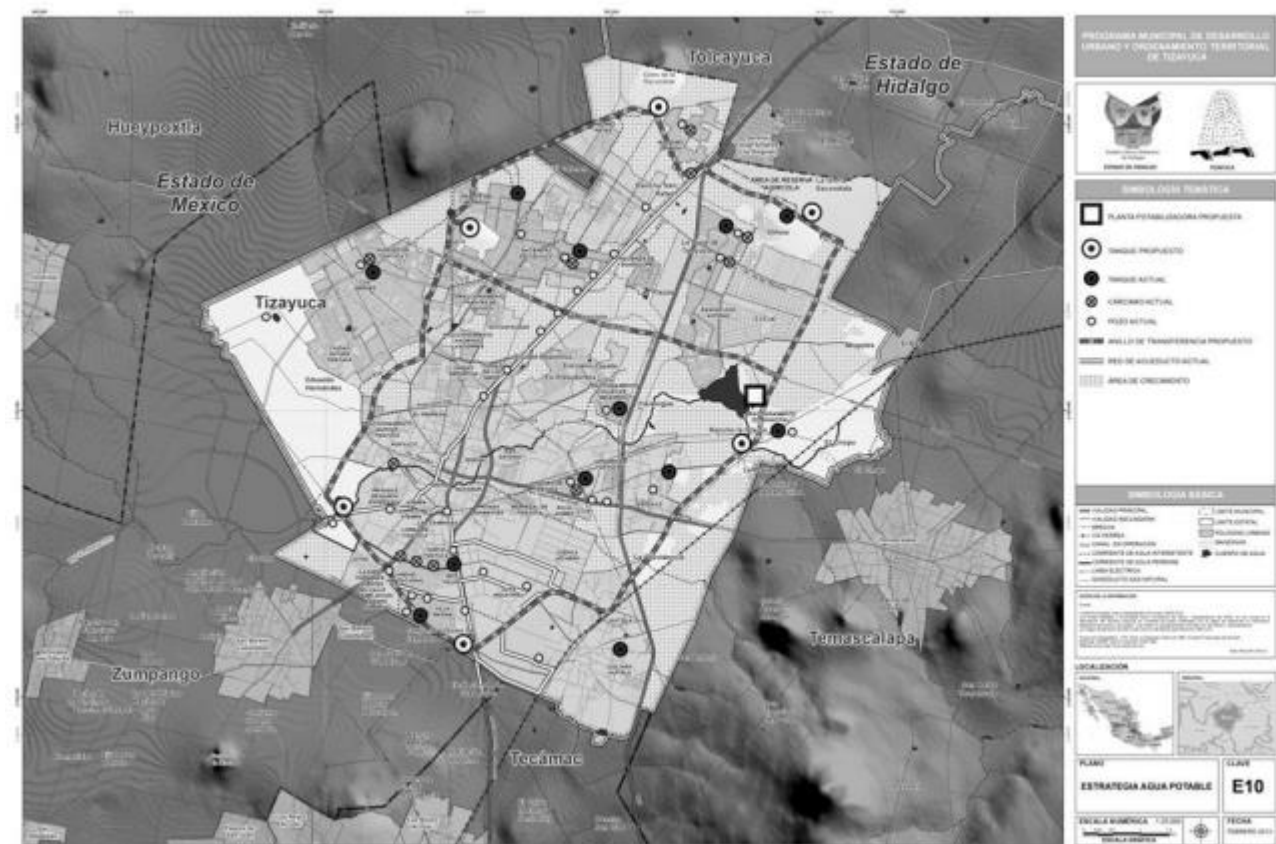


fig. 20 Mapa infraestructura hidráulica Tizayuca

Fuente:

<https://tizayuca.gob.mx/Transparencia/IMDUyV/Articulo70/IncisoF/ORDENAMIENTOTERRITORIAL/PROGRAMAMUNICIPALDESARROLLOURBANOYORDENAMIENTOTERRITORIAL.pdf>

Actualmente el problema que aqueja al municipio en materia de agua potable es la falta de red en nuevos fraccionamientos, y la condición actual de las tuberías en ciertos tramos se encuentran en estado de obsolescencia, aunado al robo de agua por parte de asentamientos irregulares, los cuales provocan que exista una falta de abastecimiento del vital líquido en hogares que sí pagan el servicio.

Infraestructura Sanitaria

Las viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje en el municipio son 47,254 de las cuales 47,181 disponen de un excusado o sanitario, se destaca que sólo 205 hogares no cuentan con el servicio de drenaje.

Características de las Vivienda	Número de Viviendas con el Servicio de Drenaje
Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje	47,254
Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje	205
Viviendas particulares habitadas que disponen de excusado o sanitario	47,181
Viviendas particulares habitadas que disponen de letrina (pozo u hoyo)	151

Tabla 2. viviendas de Tizayuca con servicio de drenaje,

Fuente INEGI 2020

El tratamiento de las aguas residuales es un proceso mediante el cual se deben de eliminar todos los contaminantes que contiene el agua recolectada de los drenajes de los hogares y de las alcantarillas, el tratamiento del agua se considera un conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que realiza una planta tratadora de aguas residuales. En cuanto al número de plantas de tratamiento en operación, capacidad instalada y volumen tratado de aguas residuales por municipio y tipo de servicio según nivel de tratamiento hasta el año 2016, se tiene lo siguiente:

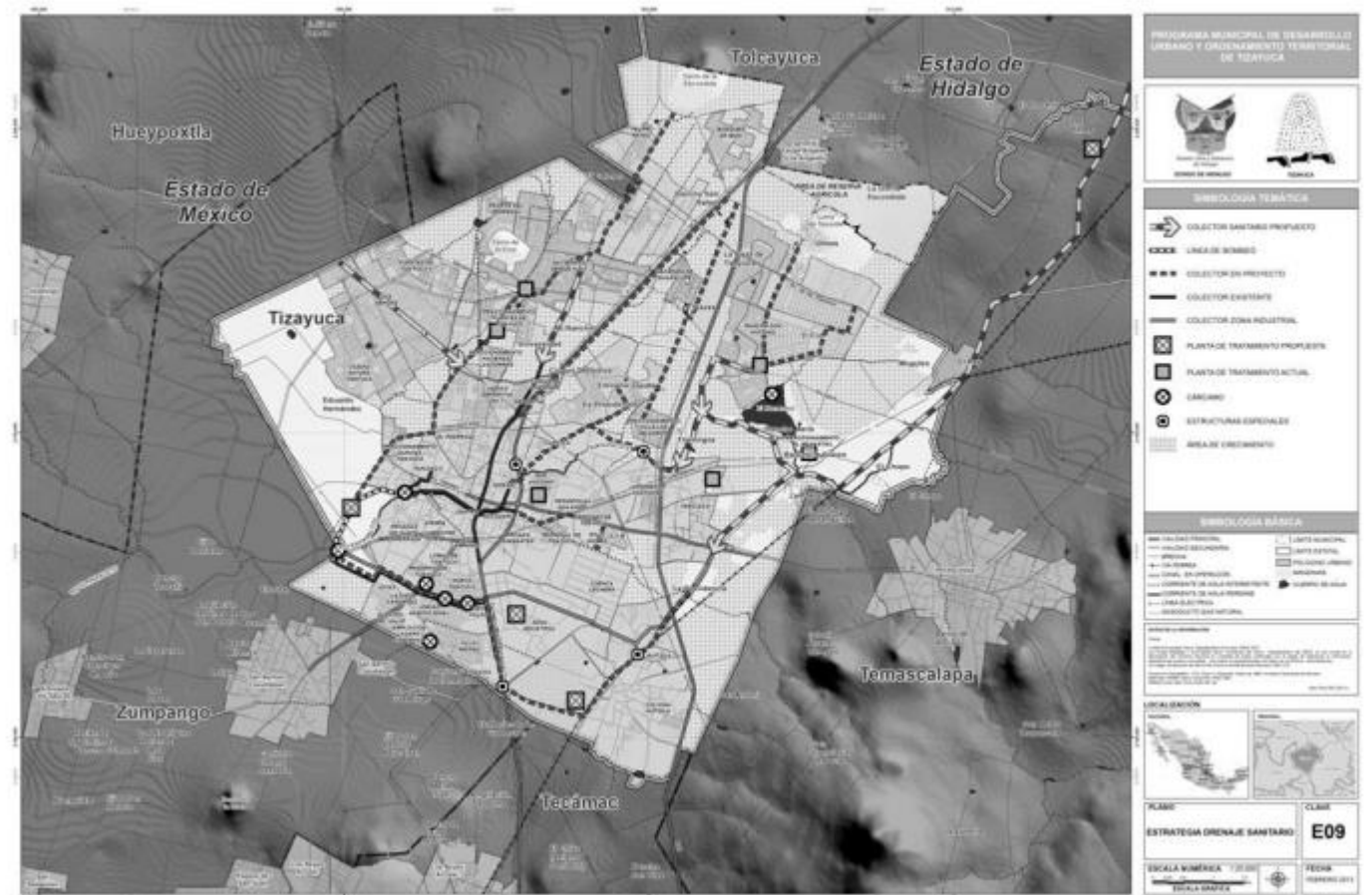


fig. 21 Mapa infraestructura sanitaria Tizayuca

Fuente:

<https://tizayuca.gob.mx/Transparencia/IMDUyV/Articulo70/IncisoF/ORDENAMIENTOTERRITORIAL/PROGRAMAMUNICIPALDESARROLLOURBANOYORDENAMIENTOTERRITORIAL.pdf>

Con base al Sistema de Información Georreferenciada de Hidalgo (SIGEH), en el año 2018 las plantas de tratamiento de aguas residuales y capacidad instalada en litros por segundo para el Estado, se tenía un total de 105 plantas, con una capacidad de 1,989.4 litros por segundo. Para el municipio de Tizayuca, se contaban con once plantas con una capacidad de 224.9 litros por segundo, de las cuáles una se encuentra “Fuera de Operación” y otra se encuentra reportada como el status tipo “Baja”.

Infraestructura Eléctrica

Existen líneas de abastecimiento eléctrico en la zona de acuerdo con su carga, como de 85KV, 230 KV y 400 KV, que cruzan la zona y que son suficientes para el momento de que se inicie el crecimiento urbano, En general se puede establecer que no existen impedimentos para la dotación de este concepto.



fig. 22 Mapa infraestructura eléctrica Tizayuca

Fuente:
<https://tizayuca.gob.mx/Transparencia/IMDUyV/Articulo70/IncisoF/ORDENAMIENTOTERRITORIAL/PROGRAMAMUNICIPALDESARROLLOURBANOYORDENAMIENTOTERRITORIAL.pdf>

Infraestructura Vial

El Municipio de Tizayuca, ante su posición estratégica a nivel regional y nacional al ser parte de la ZMVM, ha sido considerado en proyectos para el reordenamiento territorial, al encontrarse a no más de 10 kilómetros del Aeropuerto Internacional General Felipe Ángeles (AIFA). La infraestructura de comunicaciones y transportes se conecta con la Ciudad de Pachuca y la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, así como la Ciudad de Zumpango, Los Reyes Acozac, Coacalco, Cuautitlán y Tultitlán entre otras más.

El Municipio de Tizayuca cuenta con 3.6 kilómetros de la carretera federal México- Pachuca, tiene 58.7 kilómetros de carretera estatal, 20 kilómetros de red ferroviaria y una aeropista para mono motores. Está comunicado por la carretera al 100 por ciento, incluyendo sus localidades menores. Además, existen paraderos de autobuses y líneas interurbanas. Cuenta con una pista privada para avionetas; así mismo tiene como medios de transporte dentro del municipio, taxis, camiones, camionetas colectivas.

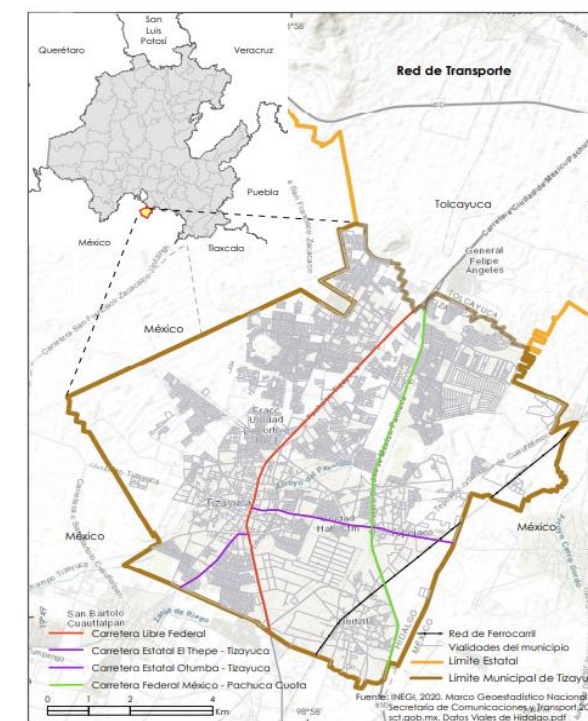


fig. 23 Rutas de transporte publico Tizayuca

Fuente: Secretaría de comunicaciones y transporte (2019)

2.8 EQUIPAMIENTO URBANO

Educación

En Tizayuca, Hidalgo, hay escuelas públicas y privadas que ofrecen una educación de calidad para todos los estudiantes. Hay tanto escuelas públicas, con instalaciones y planes educativos de gobierno, como escuelas privadas con una oferta educativa más personalizada con instalaciones y recursos de calidad.

Escuelas Primarias

- INSTITUTO CANADIENSE: Escuela privada
- COLEGIO HOLANDÉS: Escuela privada
- PRIMARIA HÉROE DE NACOSARI: Escuela pública
- PRIMARIA CUAUHTÉMOC: Escuela pública

Escuelas secundarias

- JEAN PAUL SARTRE: Escuela privada
- MAESTRO JUSTO SIERRA: Escuela pública
- SIGMUND FREUD: Escuela privada
- ESCUELA SECUNDARIA GENERAL: Escuela pública

Escuelas preparatorias

- CECYTEH TIZAYUCA: Escuela pública
- EFREN REBOLLEDO: Escuela privada
- COLBACH PLANTEL TIZAYUCA: Escuela pública
- INSTITUTO EDUCATIVO Y CULTURAL HIDALGO: Escuela privada

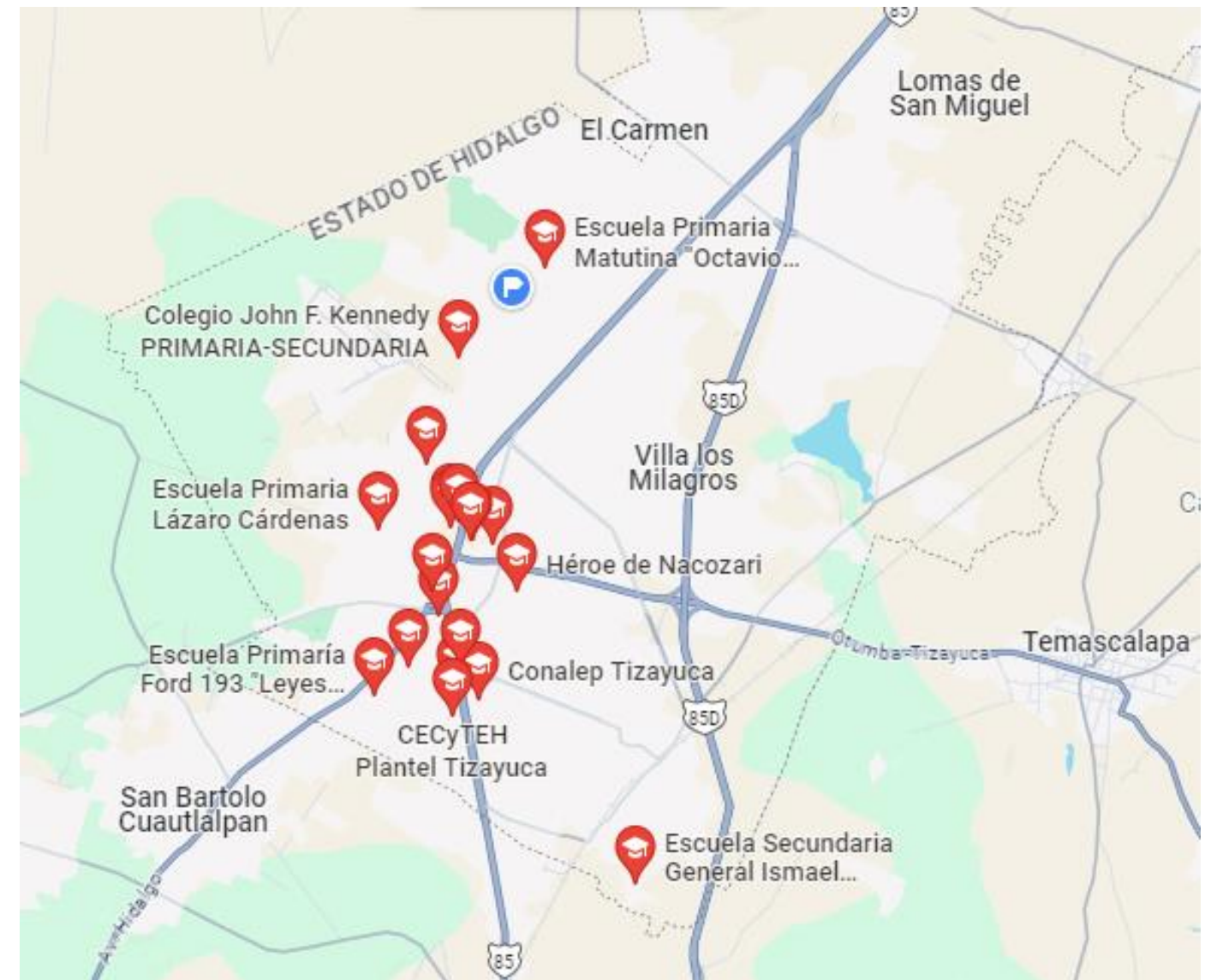


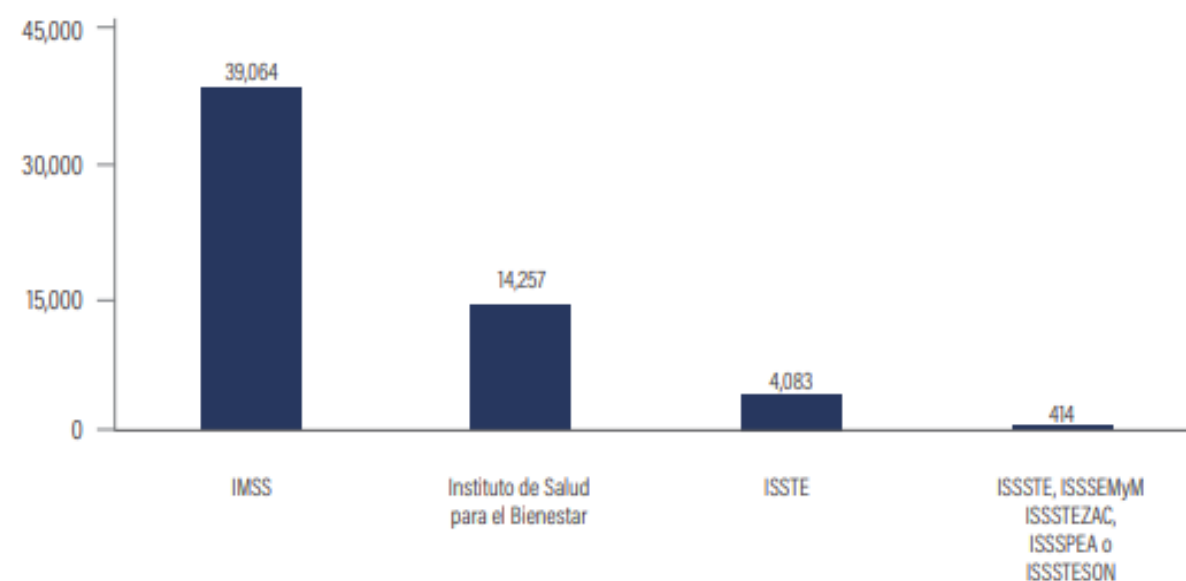
fig. 24 Ubicación de planteles educativos Tizayuca

Fuente: Google maps, Consultado 8 de agosto 2024

Salud

En lo referente a la salud en el municipio existen los siguientes servicios médicos; 2 unidades médicas del Instituto Mexicano del Seguro Social, 1 unidad médica del ISSSTE, 5 unidades de la SSAH, y 1 unidad de la Cruz Roja Mexicana.

También cuenta con un centro de salud Urbano en la cabecera Municipal, 4 Centros de Salud rurales, ubicados en el fraccionamiento El Mío Cid, las Plazas, Tepojaco y Huitzila. Así como, una Casa de Salud en el Fraccionamiento Haciendas de Tizayuca, trabajando en conjunto con la Jurisdicción Sanitaria región XII. También se cuenta con 2 casas de salud ubicadas en la colonia Emiliano Zapata y El Carmen, mismas que no están en servicio activo y que se está promoviendo la recuperación de dichos espacios en conjunto con la Jurisdicción Sanitaria.



Grafica 1. Población por tipo de afiliación a los servicios de salud de Tizayuca, Fuente: INEGI, Censo de población y vivienda, microdatos para el municipio de Tizayuca (2020).

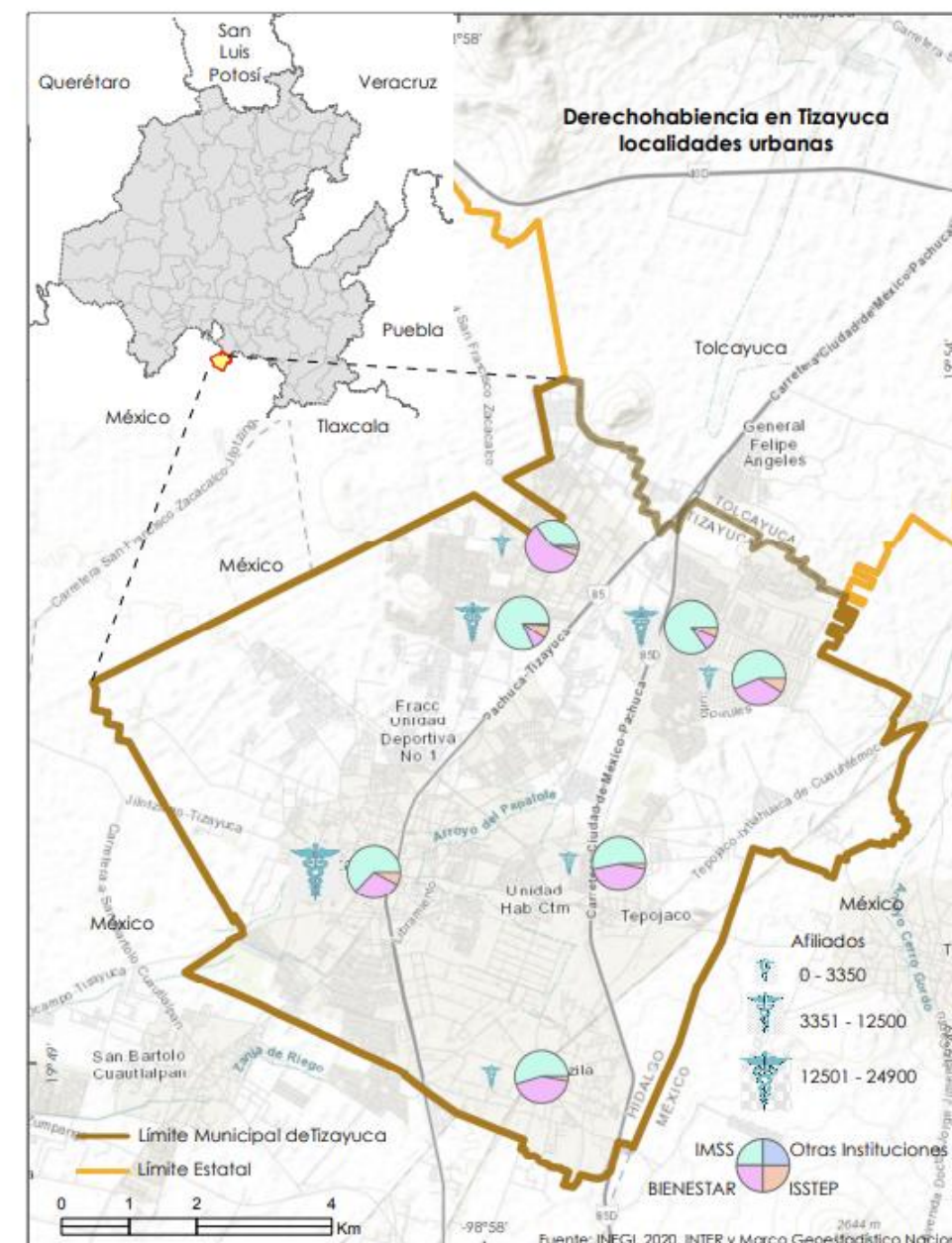


fig. 25 Tipo de derechohabiente por localidad Tizayuca

Fuente: INEGI, Censo de población y vivienda, microdatos para el municipio de Tizayuca (2020).

Deporte

En este municipio se realizan diversas actividades recreativas en el tiempo libre; contando con 2 billares, 2 discotecas, un boliche, un gimnasio, cinco campos de béisbol y 23 de fútbol.

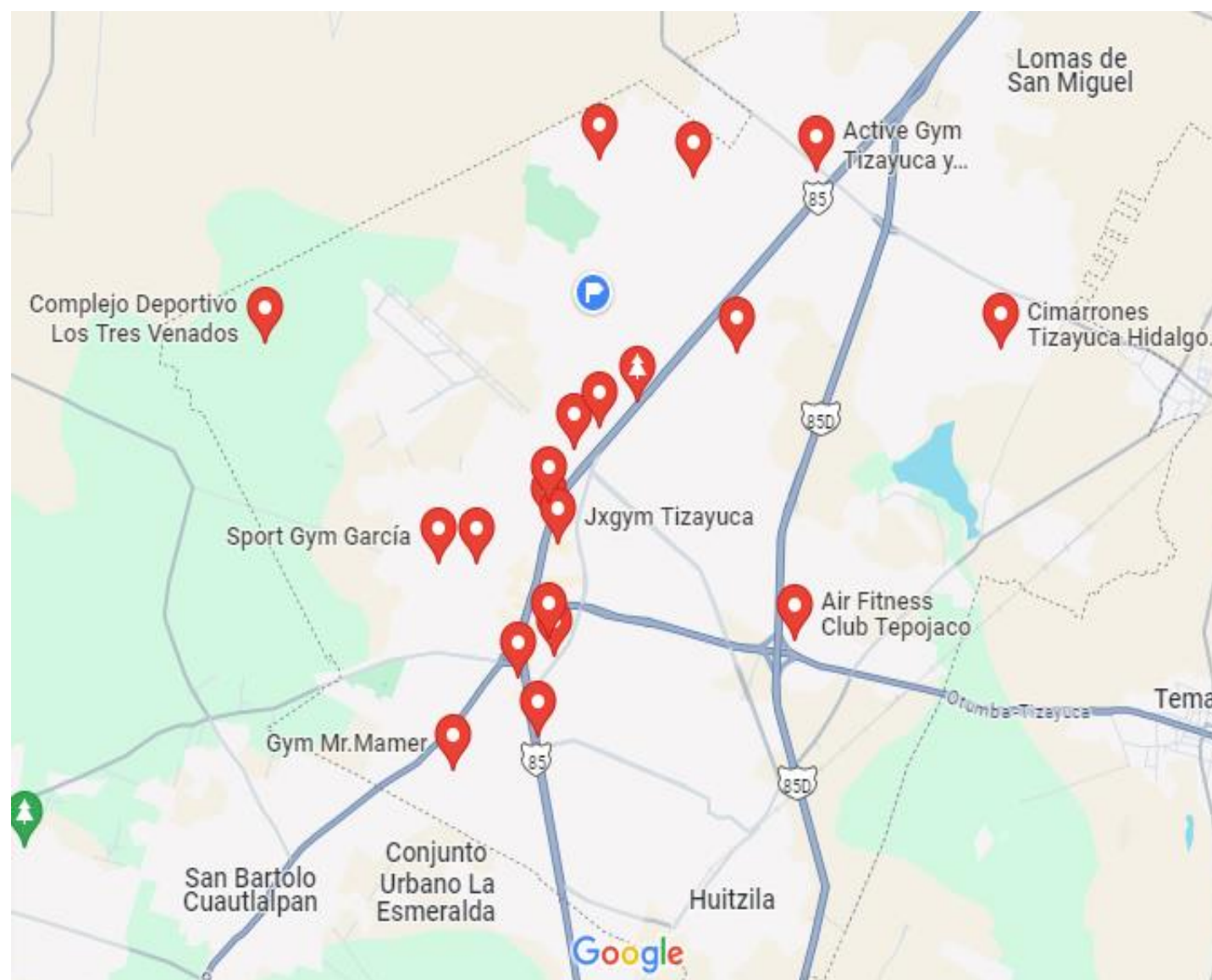


fig. 26 Ubicación de espacios deportivos Tizayuca

Fuente: Google maps, Consultado 8 de agosto 2024

CAPÍTULO 3. ANALISIS CLIMATICO

3.1 CLIMA

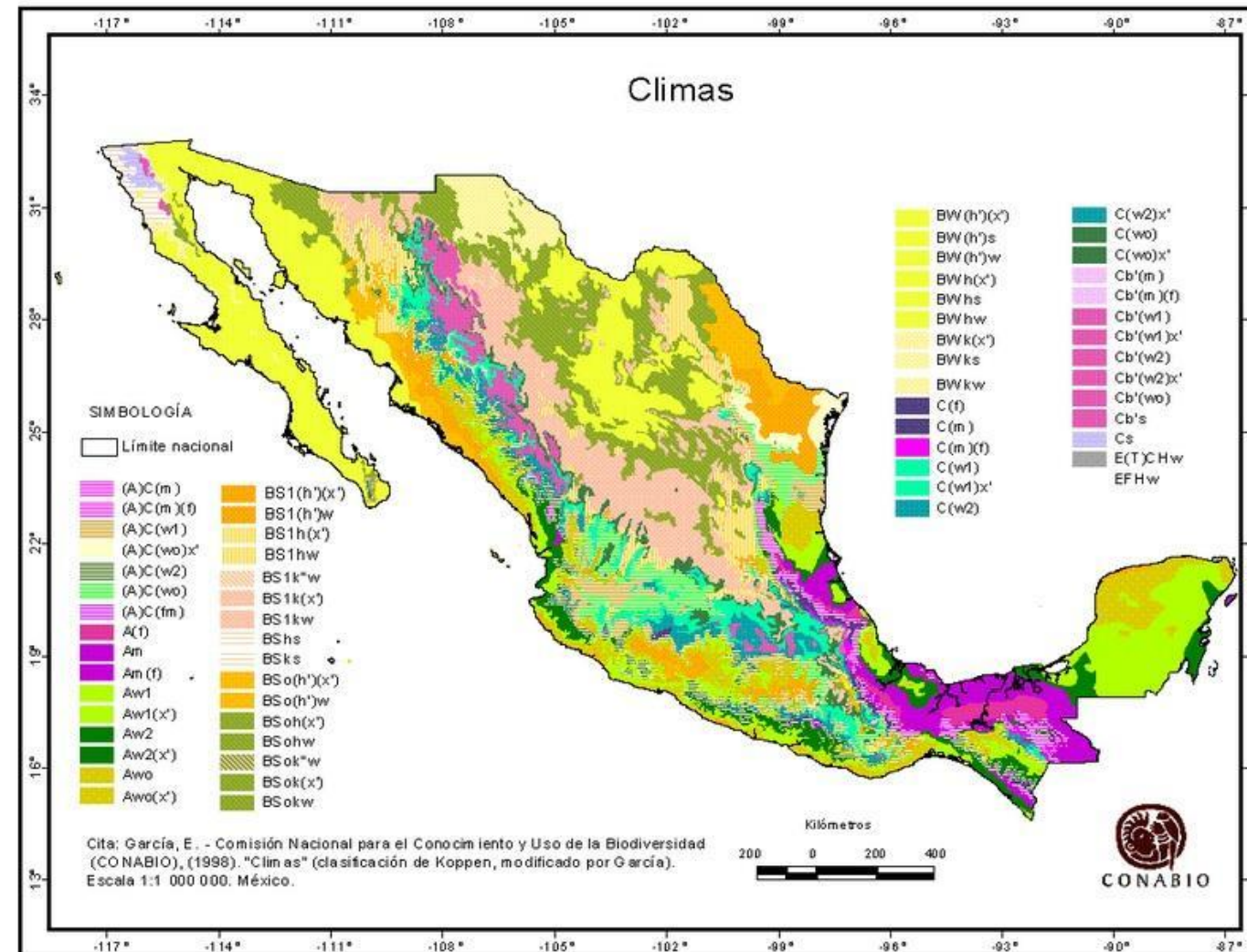


fig. 27 Carta de Climas de la República Mexicana

Clasificación climática de Köppen modificada por Enriqueta García. Fuente: CONABIO.

Para el municipio de Tizayuca el clima predominante según la clasificación climática Köppen modificada por Enriqueta García para el territorio mexicano, corresponde a BS, siendo este un bioclima Semi-Frio Seco; con una temperatura promedio anual de 23.9 °C obtenida de las normales climatológicas del SMN.

3.2 TEMPERATURA

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL													
NORMALES CLIMATOLÓGICAS													
ESTADO DE: HIDALGO							PERIODO: 1981-2010						
ESTACION: 00013091 TIZAYUCA (DGE)				LATITUD: 19°49'26" N.			LONGITUD: 098°57'16" W.			ALTURA: 2,288.0 MSNM.			
ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURA MAXIMA													
NORMAL	21.5	23.1	24.7	26.4	26.6	25.0	23.4	23.8	23.3	23.5	22.8	22.1	23.9
MAXIMA MENSUAL	22.7	24.3	26.0	29.1	28.6	28.5	25.7	25.7	25.4	24.8	24.4	23.1	
AÑO DE MAXIMA	2005	1988	2006	1982	1983	1982	2009	2009	1982	1983	2004	2008	
MAXIMA DIARIA	29.5	29.0	32.0	32.0	33.0	32.0	29.0	32.0	29.5	29.0	29.0	31.5	
FECHA MAXIMA DIARIA	28/1983	28/1981	13/2006	17/1982	06/2003	05/2005	18/2004	08/2006	04/1983	13/1983	20/1981	02/2008	
AÑOS CON DATOS	16	16	15	16	16	16	16	16	14	16	16	16	
TEMPERATURA MEDIA													
NORMAL	11.7	13.2	14.8	17.0	17.9	17.7	16.8	16.7	16.3	15.3	13.4	12.3	15.3
AÑOS CON DATOS	16	16	15	16	16	16	16	16	14	16	16	16	
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	2.0	3.4	5.0	7.6	9.1	10.3	10.1	9.5	9.4	7.2	4.0	2.4	6.7
MINIMA MENSUAL	-2.5	-1.0	1.0	5.5	6.9	7.3	7.7	6.8	6.8	4.3	0.2	0.3	
AÑO DE MINIMA	1986	1983	1986	1983	1985	1982	1982	1982	1982	1987	1984	1982	
MINIMA DIARIA	-9.0	-4.0	-6.0	0.0	3.0	2.0	4.0	4.0	0.0	-0.5	-4.0	-5.0	
FECHA MINIMA DIARIA	12/1986	17/1983	06/1987	01/1987	16/1984	04/1982	13/2003	04/1986	10/1988	13/1987	15/1984	18/1982	
AÑOS CON DATOS	16	16	15	16	16	16	16	16	14	16	16	16	

Tabla 3. Normales Climatológicas del Hidalgo. Municipio de Tizayuca. Disponible en: https://smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/Normales_Climatologicas/Normales8110/hgo/nor8110_13091.TXT

Del análisis a las normales climatológicas, resulta que la oscilación térmica se encuentra entre 26.6° y 2° temperaturas que se presentan en mayo y en enero, respectivamente. para el periodo de 1981-2010 la temperatura MEDIA ANUAL es de 15.3°C. en el mes de mayo una temperatura promedio de máximas de 26.6°C, y la temperatura promedio de mínimas es de 2.00°C en el mes de enero.

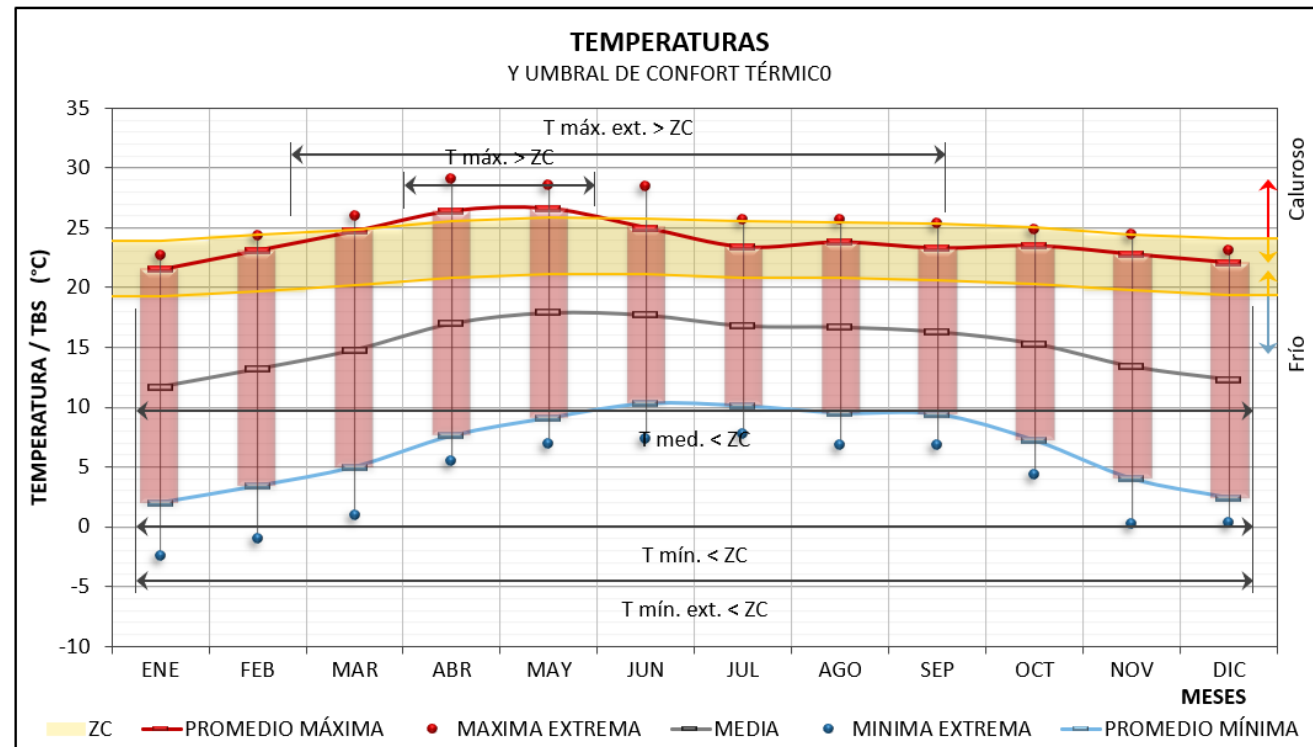
+/- La temperatura neutra para el municipio de Tizayuca será calculada con base en el texto Arquitectura Bioclimática del Dr. Víctor Fuentes Freixanet, siguiendo la fórmula de termopreferendum:

$$Temp. Neutra = 17.6 + (T_{med} * 0.31)$$

$$Temp. Neutra = 17.6 + (15.3 * 0.31) = 17.6+4.74$$

$$Temp. Neutra = 22.34^{\circ}C$$

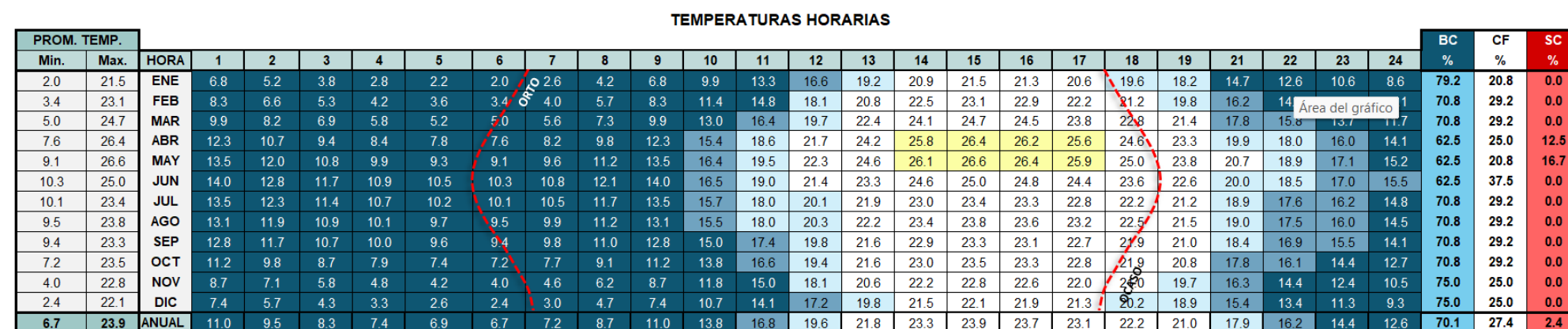
Por lo tanto, podemos decir que el **rango de confort en Tizayuca es de 19.84° C a 24.84° C.**



Gráfica 2. Desarrollo de la temperatura durante el año y Zona de confort Fuente: BAT v-06, 2024. Dr. Víctor Fuentes Freixanet.

Se realizó un análisis general de la temperatura. Se graficó la temperatura media mensual, la temperatura promedio de máximas y de mínimas y las temperaturas máximas y mínimas extremas. Se determinó para el municipio de Tizayuca, que la temperatura media se encuentra por debajo de la zona de confort, lo que indica que, en su mayoría, las temperaturas estarán en bajo calentamiento. Las temperaturas máximas, por su parte, se sitúan dentro de la zona de confort, con excepción de los meses de abril, mayo y junio. En cuanto a las temperaturas mínimas, durante la temporada de invierno se registran valores que pueden llegar hasta 15°C por debajo de la zona de confort, como se puede observar en la Gráfica 2.

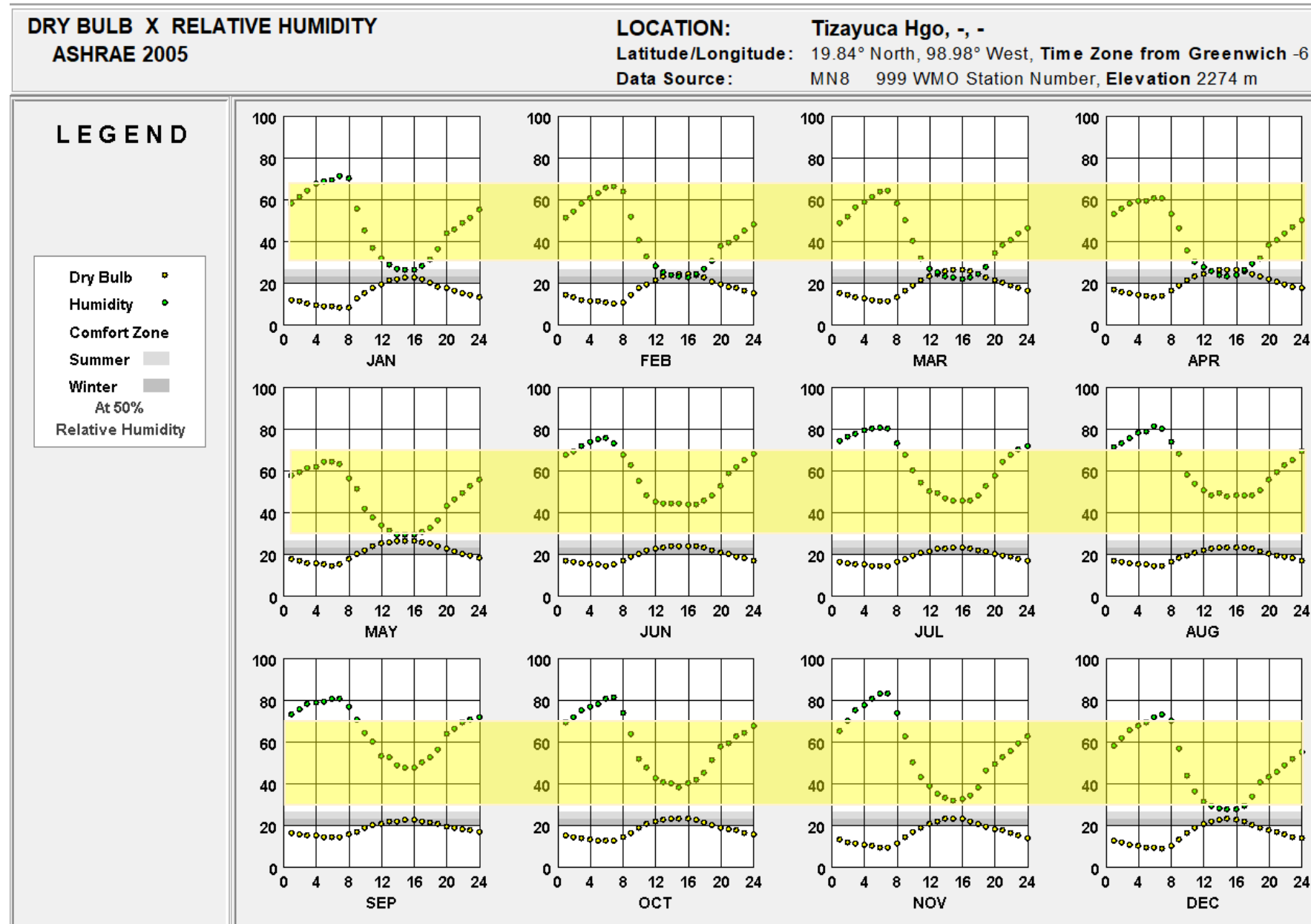
De igual manera se calculó la temperatura horaria mensual y anual. Para el municipio de Tizayuca, la temperatura se encuentra en su mayoría en una situación de bajo calentamiento, lo que se aprecia con facilidad con la escala cromática. No obstante, la zona de análisis para el proyecto se enfoca en la escala cromática correspondiente al horario de 8:00 a 19:00, lo que indica que, en su mayoría, la temperatura estará en la zona de confort durante todos los meses. Cabe destacar que las horas con bajo calentamiento se presentan por la mañana, mientras que las horas de sobrecalentamiento ocurren entre las 14:00 y las 17:00 durante los meses de abril y mayo, representando un leve sobrecalentamiento a lo largo del año, como se puede observar en la Gráfica 3.



Gráfica 3. Temperaturas Horarias. Fuente: BAT v-06, 2024. Dr. Víctor Fuentes Freixanet.

Sobrecalentamiento (SC)	30.0	>	
	27.5	30.0	
	25.0	27.5	
Confort (CF)	20.3	25.0	
Bajocalentamiento (BC)	17.8	20.3	
	15.3	17.8	
	<	15.3	

3.3 HUMEDAD



Gráfica 4. Temperaturas Horarias. Fuente: Climate Consultant.

Para el análisis de la humedad, es importante señalar que, durante siete meses del año, que abarcan de manera puntual las estaciones de invierno y primavera, la humedad se encuentra por debajo del rango de confort en un horario comprendido entre las 10:00 y las 19:00 horas. En contraste, durante el verano y el otoño, la humedad supera el límite de confort de humedad relativa en un horario que va desde la medianoche hasta las 8:00 horas.

En invierno, la humedad relativa se mantiene dentro del rango de confort a lo largo del día, excepto en las siguientes franjas horarias: por la mañana, sale de la zona de confort entre las 7:00 y las 8:00 horas, presentando un aumento de humedad de aproximadamente el 75% HR. Por la tarde, la humedad desciende por debajo del rango de confort, alcanzando un 25% HR entre las 11:00 y las 19:00 horas.

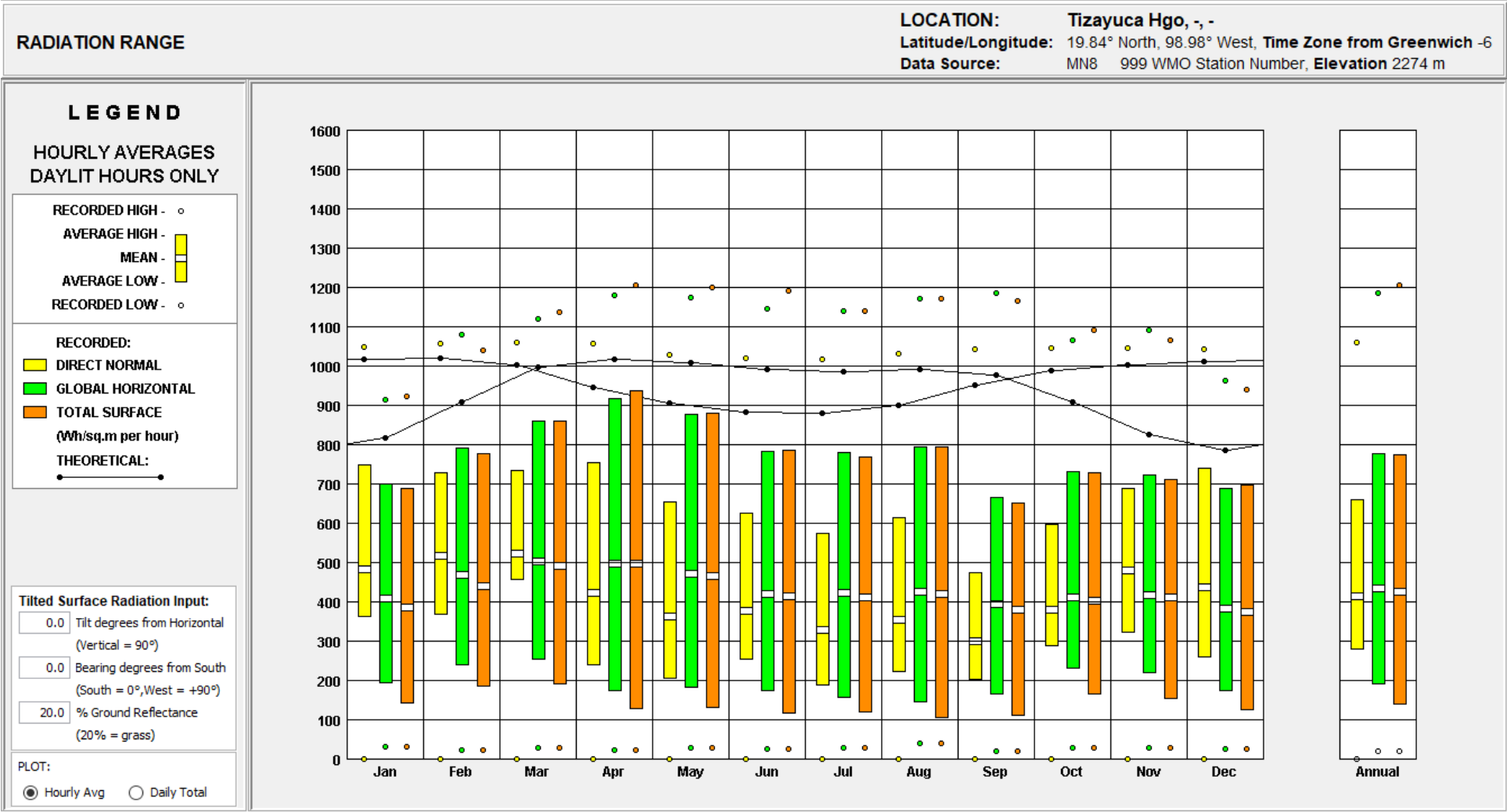
En primavera, la humedad relativa se sitúa mayoritariamente en la zona de confort. Sin embargo, es necesario humidificar de manera muy controlada durante el horario de 12:00 a 17:00 horas.

Durante los meses de verano, se observa un incremento en la humedad relativa, alcanzando el 80% HR en un horario de 02:00 a 08:00 horas.

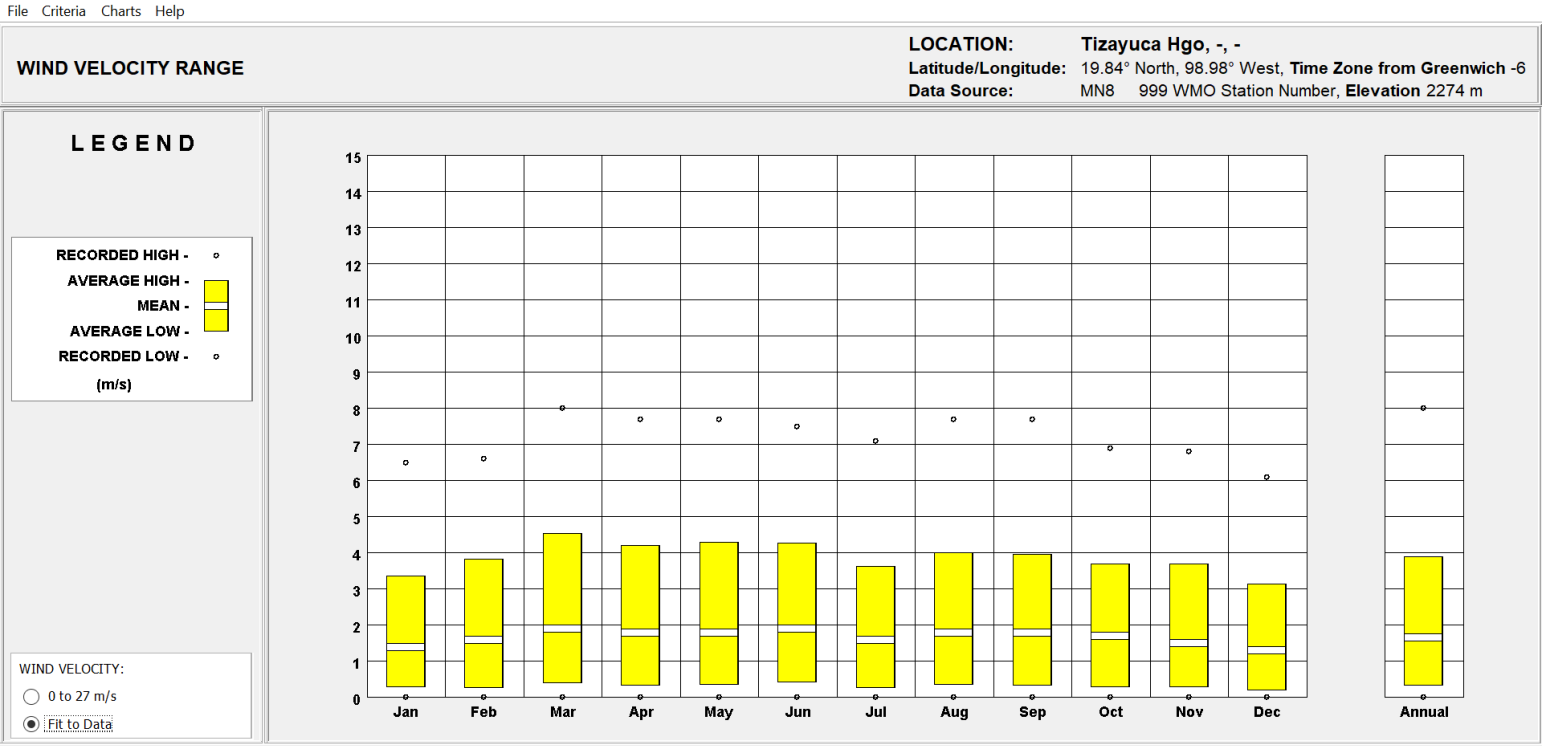
En otoño, la humedad relativa aumenta hasta un 85% en un horario comprendido entre la 01:00 y las 09:00 horas, como se puede observar en la Gráfica 4.

Rango de confort HR (30%-70%)

3.4 RADIACIÓN SOLAR

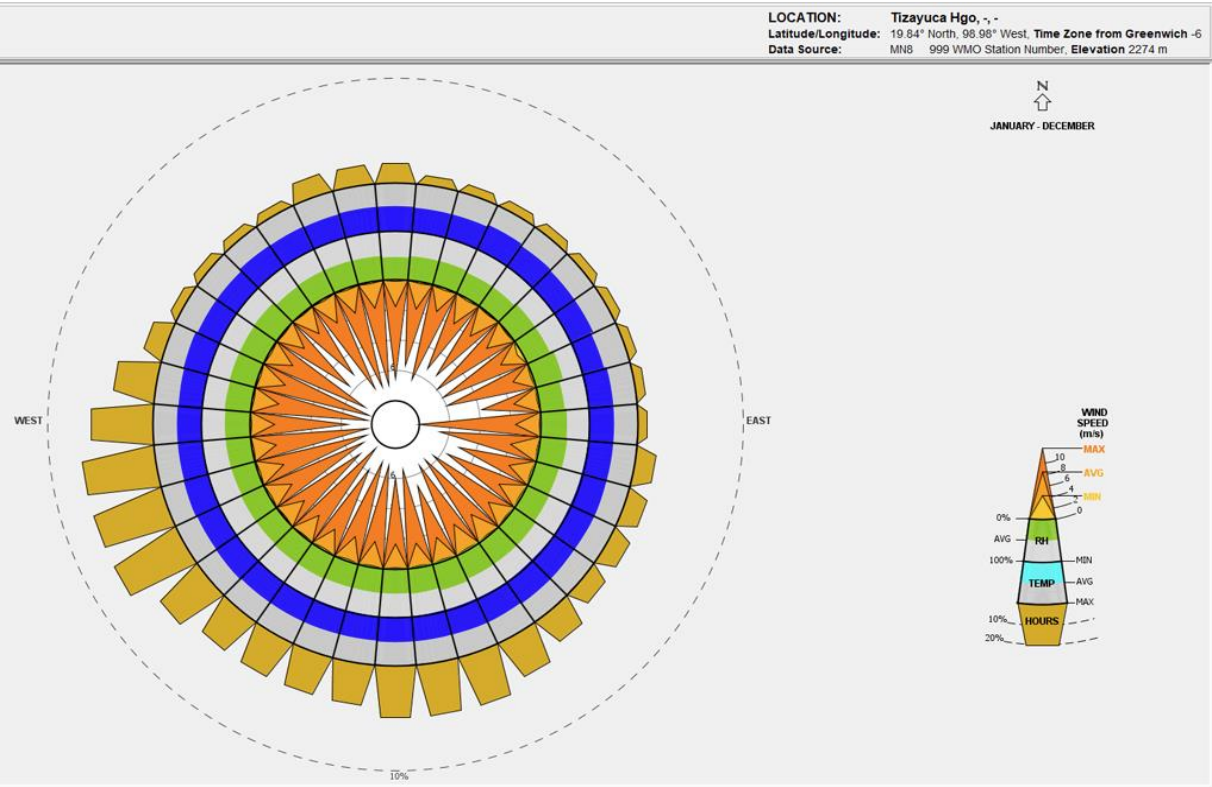


3.5 VIENTO



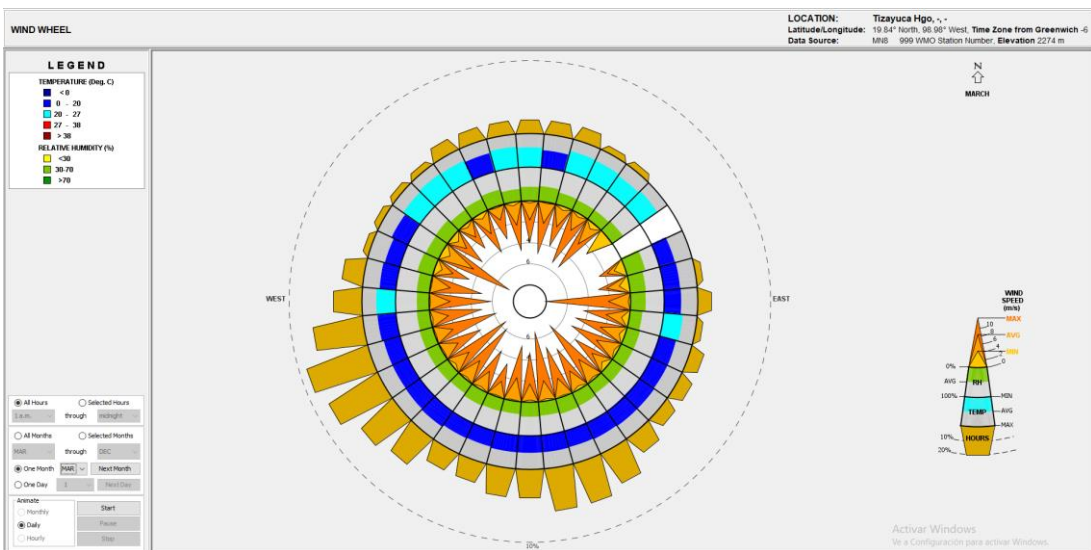
Gráfica 6. Velocidad del viento. Realizada en Climate Consultant 6.0

Observamos vientos moderados en la mayor parte del año con velocidades promedio en **primavera** de 0.4 a 4.5 m/s, **verano** de 0.5 a 4.2 m/s, **otoño** de 0.3 a 4 m/s e **invierno** con 0.2 a 3.8 m/s. ilustrados en la gráfica 10.



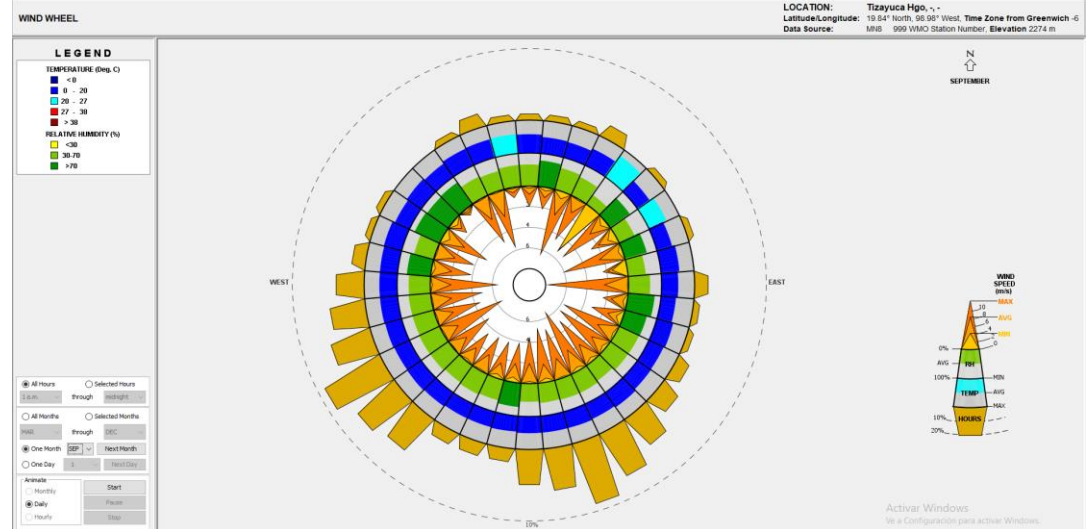
Gráfica 7. Rosa de los vientos Anual. Realizada en Climate Consultant 6.0.

En el análisis anual de los vientos dominantes se determinó que estos provienen principalmente del área que abarca el cuadrante sur a este, con dirección noreste. La intensidad promedio de los vientos es de 2 m/s, lo que corresponde al nivel 2 de la escala de Beaufort, indicando una brisa ligera.



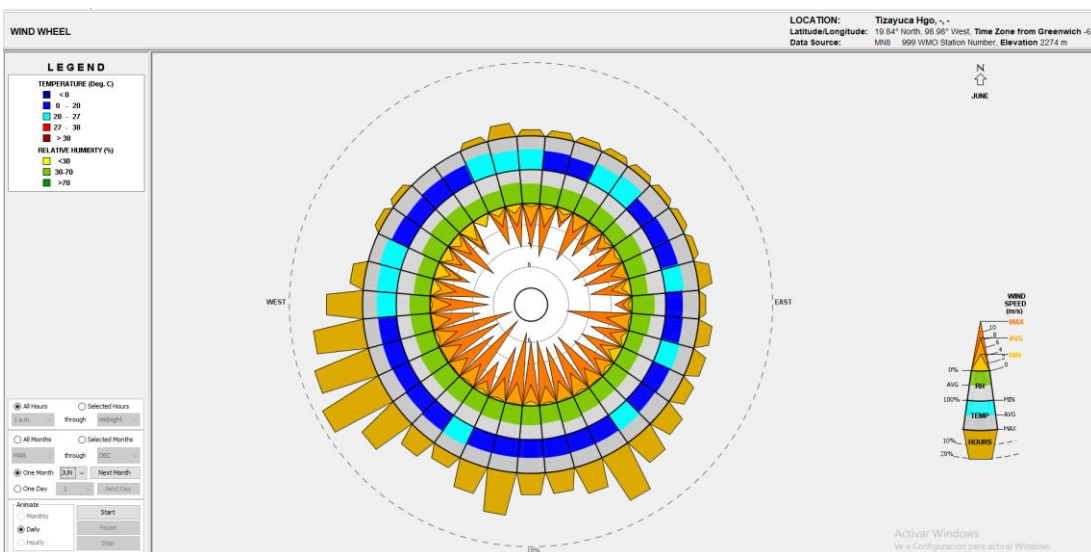
Gráfica 8. Rosa de los vientos realizada en Climate Consultant 6.0. Periodo primavera

En la gráfica observamos que los vientos dominantes provienen del suroeste principalmente con una intensidad promedio de 2 m/s correspondiente a brisa ligera en la escala de Beaufort.



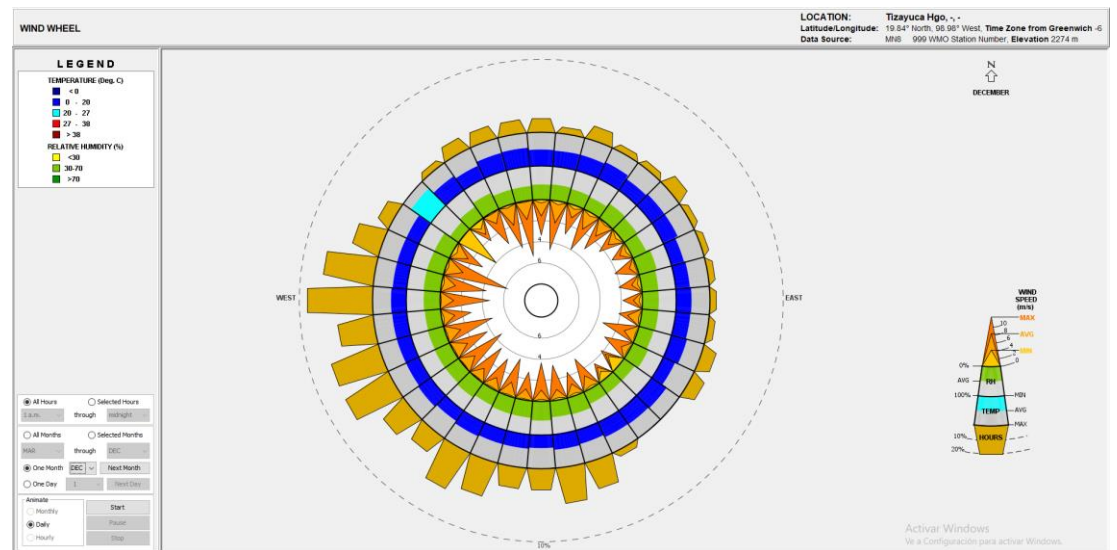
Gráfica 10. Rosa de los vientos realizada en Climate Consultant 6.0. periodo otoño

En la gráfica observamos que los vientos dominantes provienen del suroeste y sureste principalmente con una intensidad promedio de 2 m/s correspondiente a brisa ligera en la escala de Beaufort.



Gráfica 9. Rosa de los vientos realizada en Climate Consultant 6.0. Periodo verano

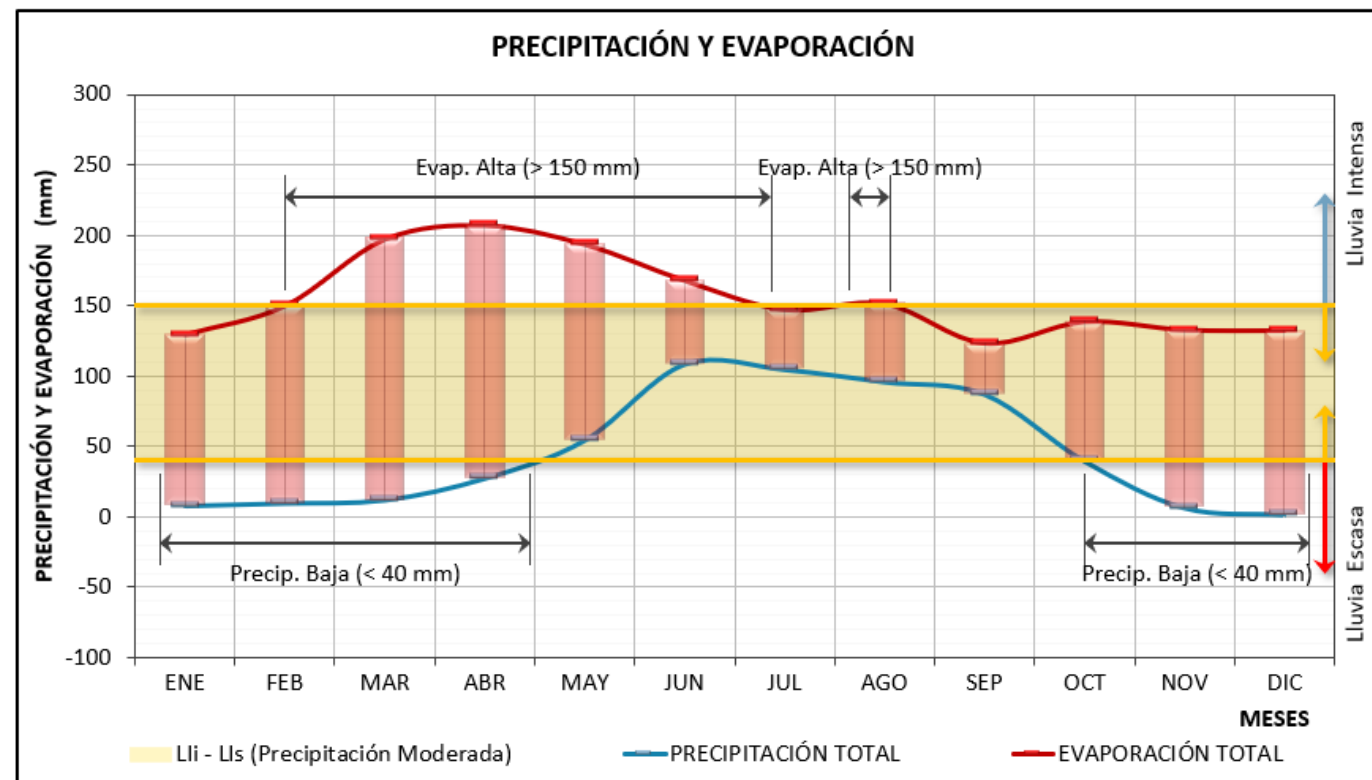
En la gráfica observamos que los vientos dominantes provienen del suroeste y sureste principalmente con una intensidad promedio de 2 m/s correspondiente a brisa ligera en la escala de Beaufort.



Gráfica 11. Rosa de los vientos realizada en Climate Consultant 6.0. periodo invierno

En la gráfica observamos que los vientos dominantes provienen del área formada de sur a suroeste principalmente con una intensidad promedio de 2 m/s correspondiente a brisa ligera en la escala de Beaufort.

3.6 PRECIPITACIÓN



Gráfica 12. Datos normales climatológicas Bat v-06, 2024. Dr. Víctor Fuentes Freixanet.

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL													
NORMALES CLIMATOLÓGICAS													
ESTADO DE: HIDALGO													
ESTACION: 00013091 TIZAYUCA (DGE)													
LATITUD: 19°49'26" N. LONGITUD: 098°57'16" W. ALTURA: 2,288.0 MSNM.													
ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACION NORMAL	8.1	9.9	12.2	27.6	54.7	108.7	104.9	96.1	87.4	40.0	6.7	1.7	558.0
MAXIMA MENSUAL	34.5	80.0	39.0	84.4	160.0	206.0	247.0	170.0	188.0	157.8	25.0	8.7	
AÑO DE MAXIMA	1983	2010	2006	1985	2006	2008	2010	2006	2009	1981	2006	1984	
MAXIMA DIARIA	24.0	27.0	31.0	25.0	40.0	51.0	43.0	74.0	44.0	55.5	12.0	8.7	
FECHA MAXIMA DIARIA	17/1981	17/2010	22/1982	12/1985	28/2006	23/1983	05/2010	22/2007	07/2003	31/1981	01/2004	02/1984	
AÑOS CON DATOS	16	16	15	16	16	16	16	16	14	16	16	16	
EVAPORACION TOTAL NORMAL	129.4	150.0	197.6	207.4	193.8	168.0	147.2	151.5	123.2	138.6	132.8	132.3	1,871.8
AÑOS CON DATOS	16	15	15	16	16	15	15	15	13	15	15	14	

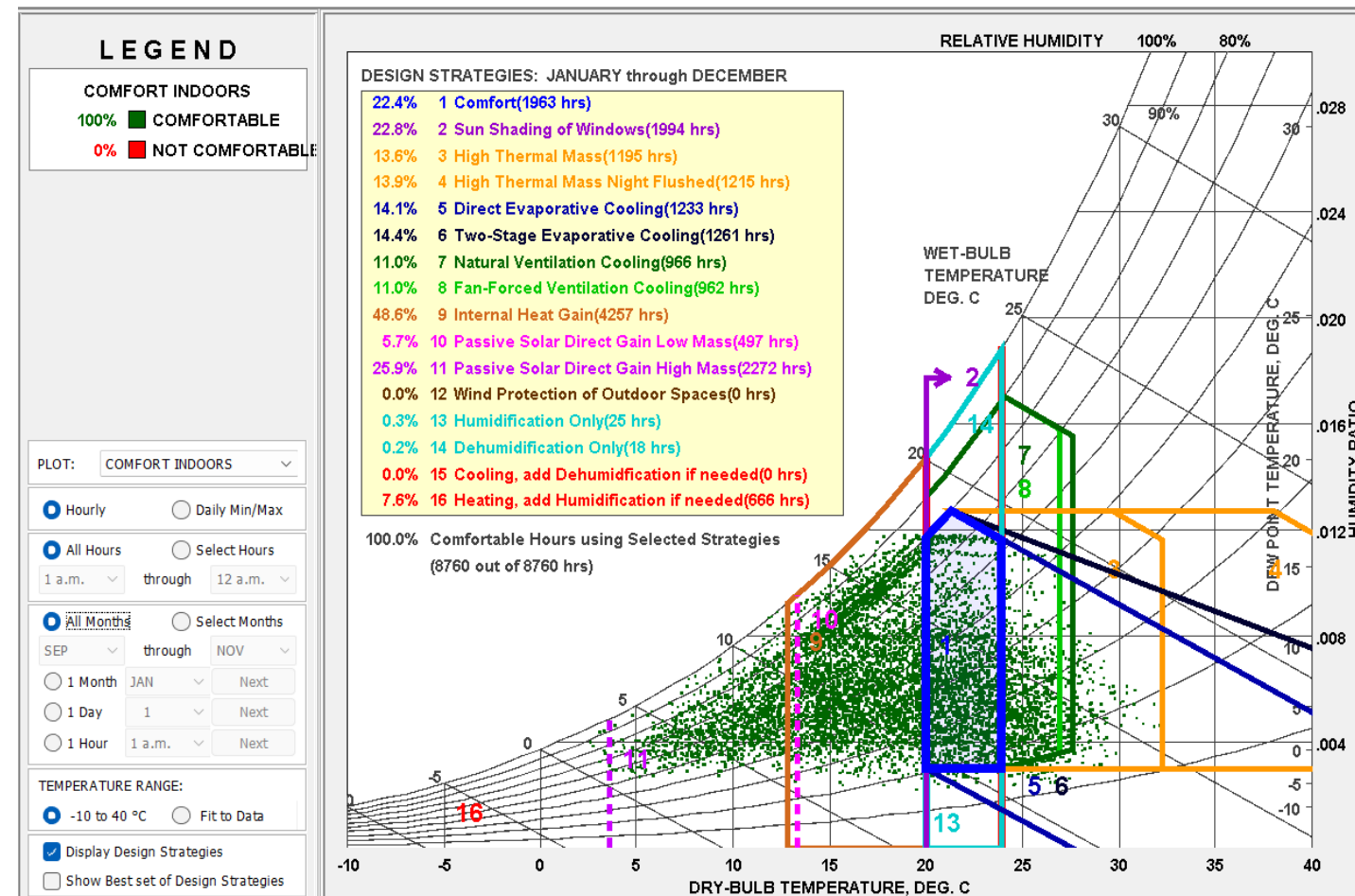
Tabla 4. Normales Climatológicas del Hidalgo. Municipio de Tizayuca. Disponible en: https://smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/Normales_Climatologicas/Normales8110/hgo/nor8110_13091.TXT

De acuerdo con el análisis, se observa una precipitación escasa de enero a abril, con un promedio inferior a 40 mm, y una tendencia similar de octubre a diciembre. Sin embargo, la precipitación aumenta significativamente entre mayo y mediados de octubre, alcanzando un promedio superior a 100 mm.

Este patrón de lluvia resalta la importancia de proponer un sistema de captación pluvial durante la temporada de lluvias. Tal sistema permitirá aprovechar al máximo el recurso hídrico disponible y canalizarlo hacia los usos que mejor se adapten a las características del agua captada, como se ilustra en la Gráfica 16.

3.7 ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS

3.7.1. Carta Psicrométrica



Gráfica 13. Carta Psicrométrica de B. Givoni. Fuente: Climate Consultant V. 6.0

De acuerdo con la Carta Psicrométrica de Baruch Givoni, para el proyecto en la localidad de Tizayuca, Hidalgo, se determinó que el clima no es extremo, y gran parte del tiempo se ubica en condiciones de confort. Sin embargo, las principales estrategias de diseño necesarias para los momentos en los que no se alcanza el confort son las siguientes:

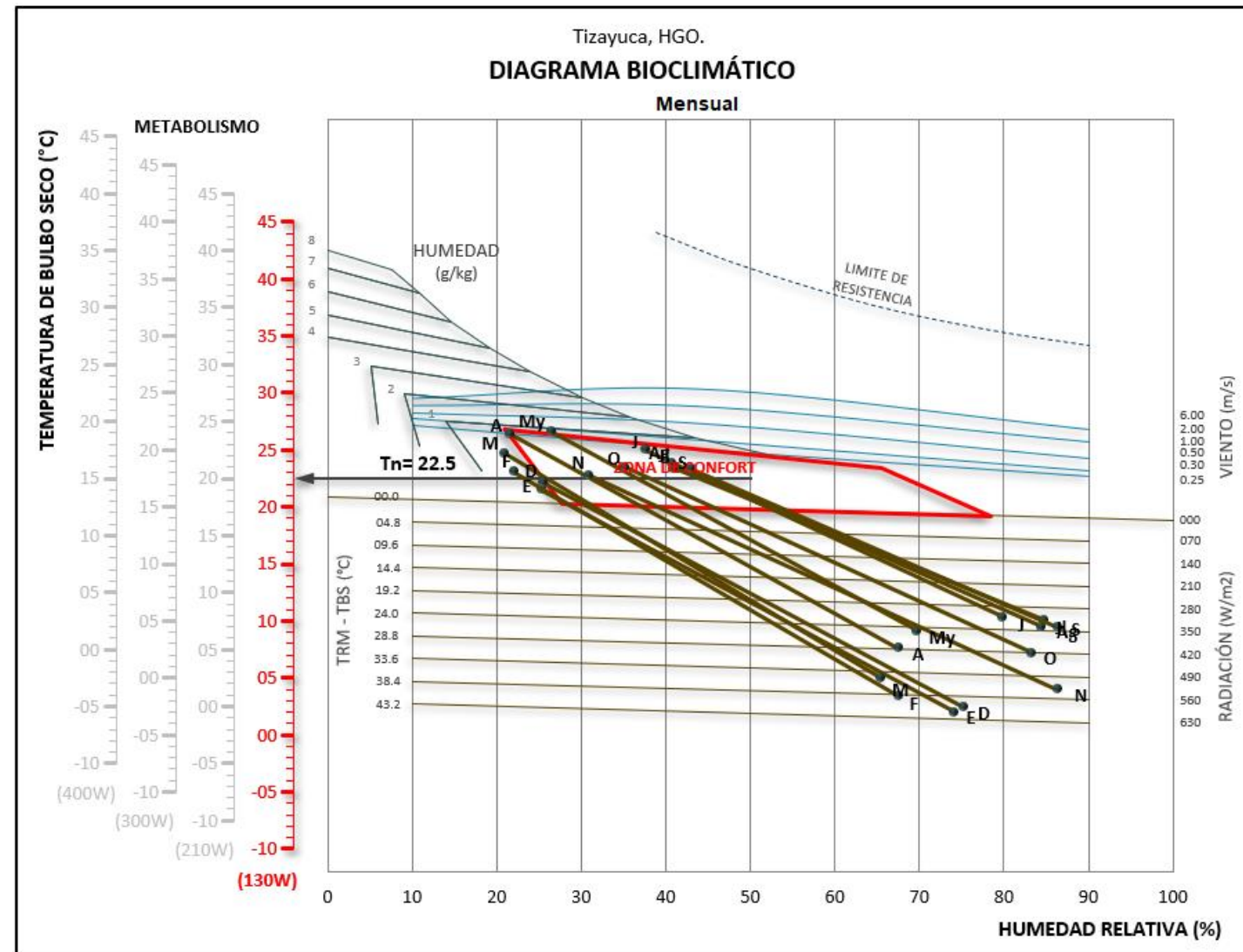
- **Ganancias internas de calor:** Durante el invierno y en horarios en los que la temperatura se encuentra por debajo del nivel de confort, es esencial fomentar las ganancias internas

de calor. Esto incluye aprovechar el calor generado por los usuarios (Mets), así como el de las lámparas y otros dispositivos que emitan calor. Además, se debe evitar la pérdida de calor mediante la implementación de estrategias como mantener las ventanas cerradas y utilizar materiales con buen retardo térmico.

- **Ganancia solar directa pasiva de alta masa:** En los meses más fríos, es fundamental captar calor mediante radiación solar directa e indirecta. Para lograr esto, se debe orientar las ventanas hacia el sur, permitiendo que los rayos solares incidan directamente en el interior del edificio durante el mayor tiempo posible. Sin embargo, es crucial gestionar esta incidencia durante otros meses utilizando dispositivos de control solar, vegetación y otros métodos para evitar aumentos de temperatura innecesarios.
- **Sombreado de ventanas:** Durante los meses más calurosos, es esencial proteger las ventanas y otros vanos expuestos de la radiación solar para evitar ganancias de calor indeseadas. Esto se puede lograr mediante el uso de dispositivos de control solar, así como mediante la implementación de vegetación que proporcione sombra.
- **Alta masividad térmica:** En la construcción del edificio, es crucial utilizar materiales con alta masa térmica. Estos materiales densos ayudan a regular la temperatura al retardar la transferencia de calor, lo que es especialmente importante en temporadas con significativas variaciones de temperatura.
- **Enfriamiento por ventilación natural:** En los meses más calurosos (marzo, abril y mayo) necesitamos ventilar para perder calor, durante las horas de sobrecalentamiento.

En conclusión, dado que el clima en la localidad no presenta complicaciones extremas, las estrategias clave son evitar las ganancias de calor durante los meses más calurosos (de marzo a mayo) mediante el sombreado adecuado, y fomentar las ganancias internas y externas de calor durante los meses fríos (de noviembre a febrero). Además, se debe optar por un sistema constructivo con alta masividad térmica para mejorar la regulación de la temperatura. Desde diseño, es importante promover la ventilación cruzada y considerar la incorporación de cuerpos de agua para optimizar la termorregulación.

3.7.2 Diagrama Bioclimático

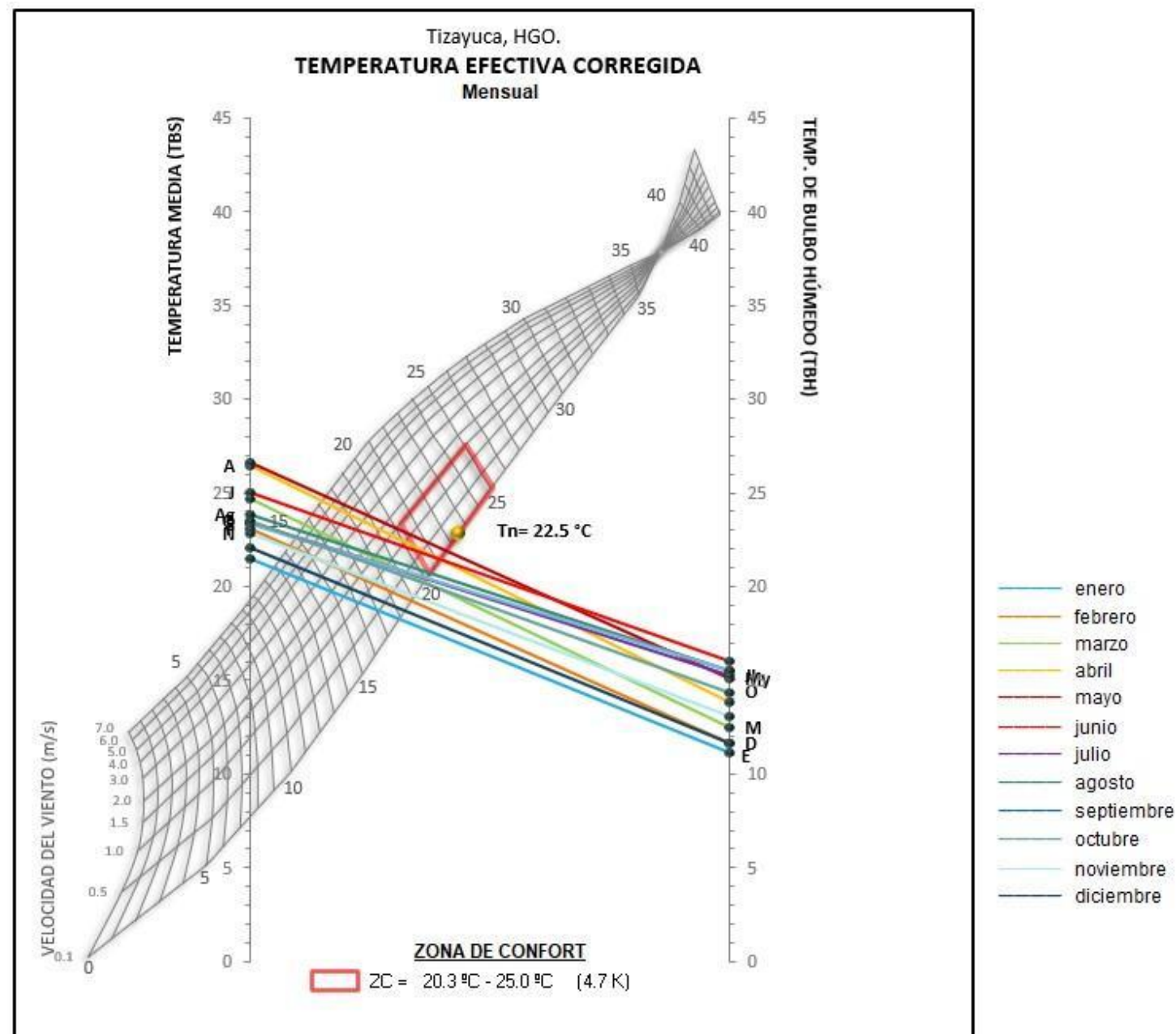


Gráfica 14. Nomograma: Diagrama Bioclimático de los Hnos. Olgyay Fuente: BAT v-06, 2024.

Considerando que la actividad principal del proyecto implica que los usuarios permanecen en reposo la mayor parte del tiempo (130 W), el diagrama bioclimático muestra que, de noviembre a septiembre, se encuentra en la zona de confort durante buena parte del día. Sin embargo, también hay períodos significativos en los que la zona de confort no se alcanza. Por lo tanto, se deben implementar las siguientes medidas:

- Promover las ganancias de calor por radiación durante las temporadas y horarios fríos. Específicamente, se debe buscar una radiación de hasta 560-630 W/m² de octubre a marzo, hasta 350-420 W/m² en abril y mayo, y hasta 280-350 W/m² de junio a septiembre, siempre evitando ganancias innecesarias para prevenir el sobrecalentamiento.
- Procurar que haya ventilación natural dentro del edificio en abril y Mayo (los meses más calurosos), no más de 30 m/s.
- De febrero a mayo humidificar con 1 g de agua por cada kg de aire en el ambiente para generar enfriamiento evaporativo, sobre todo en épocas de calor.

3.7.3 Temperatura Efectiva Corregida



El nomograma de temperatura efectiva corregida proporciona una representación precisa de la sensación térmica del usuario en el edificio en relación con la velocidad del viento. Dado que la velocidad del viento varía según el mes, la temperatura efectiva corregida (T.E.C.) para cada mes es la siguiente:

- Enero: Con una velocidad del viento promedio de 3.4 m/s, la T.E.C. es de 14° C.
- Febrero: Con una velocidad del viento promedio de 3.8 m/s, la T.E.C. es de 15° C.
- Marzo: Con una velocidad del viento promedio de 4.5 m/s, la T.E.C. es de 15° C.
- Abril: Con una velocidad del viento promedio de 4.2 m/s, la T.E.C. es de 18° C.
- Mayo: Con una velocidad del viento promedio de 4.3 m/s, la T.E.C. es de 16° C.
- Junio: Con una velocidad del viento promedio de 4.2 m/s, la T.E.C. es de 17.5° C
- Julio: Con una velocidad del viento promedio de 3.7 m/s, la T.E.C. es de 17.5° C
- Agosto: Con una velocidad del viento promedio de 4 m/s, la T.E.C. es de 16.3° C
- Septiembre: Con una velocidad del viento promedio de 4 m/s, la T.E.C. es de 16° C
- Octubre: Con una velocidad del viento promedio de 3.8 m/s, la T.E.C. es de 16° C
- Noviembre: Con una velocidad del viento promedio de 3.8 m/s, la T.E.C. es de 15.3° C
- Diciembre: Con una velocidad del viento promedio de 3 m/s, la T.E.C. es de 15° C

Como se observa en el nomograma, en ningún mes se alcanza el confort térmico. Por lo tanto, es crucial evitar las pérdidas de calor y promover las ganancias térmicas durante todo el año. En particular, durante el invierno, se está aproximadamente 5°C por debajo del límite de confort, lo que resalta la necesidad de medidas adicionales para mantener condiciones térmicas adecuadas.

Gráfica 15. Nomograma de Temperatura Efectiva Corregida realizada en BAT v-06, 2024.



CAPITULO 4. ANTEPROYECTO



fig. 28 Central de autobuses

Anteproyecto imagen propia realizada en twinmotion 2023

Anteproyecto Arquitectónico

PROGRAMA ARQUITECTONICO

CENTRAL DE AUTOBUSES TIZAYUCA.

Introducción

El crecimiento demográfico y económico de Tizayuca, Hidalgo, sumado a su posición estratégica como punto de conexión entre la Ciudad de México, el Estado de México y estados vecinos ha generado una demanda creciente por infraestructura de transporte eficiente. En este contexto, la propuesta para el desarrollo de una **central de autobuses** busca responder a las necesidades de movilidad de los habitantes de la región, así como de los viajeros que transitan por este importante corredor.

La central de autobuses de Tizayuca no solo funcionará como un nodo de transporte, sino será un punto de conexión con el Aeropuerto internacional Felipe Ángeles logrando un espacio integral que facilite el movimiento de personas y vehículos de manera eficiente, segura y cómoda.

Este anteproyecto arquitectónico tiene como objetivo plantear una solución que integre aspectos operativos, funcionales y de confort, alineados con las características climáticas locales, el contexto urbano y las necesidades sociales de la región.

Programa Arquitectónico

Área Pública:

Zona de acceso y vialidades: Entradas y salidas vehiculares para autobuses, taxis y automóviles particulares. 8, 500 m²

Estacionamiento: Espacio para estacionamiento de corta y larga estancia, así como áreas designadas para taxis y transporte público. 12, 550 m²

Vestíbulo de ingreso: Un gran espacio abierto con flujo eficiente de personas, control de accesos y áreas de espera inmediata. 556 m²

Taquillas: Módulos de venta de boletos, tanto físicos como automáticos, y área de atención al cliente. 75 m²

Sala de espera: Debe estar diseñada con énfasis en el confort térmico, ventilación natural, iluminación natural y artificial adecuada. 2,023 m²

Área comercial: Locales para venta de alimentos, bebidas, souvenirs y otros servicios (tiendas, farmacias, etc.). 2,050 m²

Servicios sanitarios: Baños públicos accesibles, con áreas para cambiadores de bebés y otras necesidades especiales. 294 m²

Área Operativa:

Andenes de autobuses: Módulos cubiertos con plataformas para la salida y llegada de autobuses, diseñados para permitir un flujo eficiente de pasajeros y vehículos. 929 m²

Área de mantenimiento: Talleres de mecánica y servicios rápidos para el mantenimiento de autobuses. 229 m²

Área de maniobras: Espacio para el estacionamiento y espera de autobuses que no estén en operación. 916 m²

Área Administrativa:

Oficinas operativas: Oficinas para la administración de la terminal, control de tráfico, seguridad y mantenimiento. 352 m²

Sala de control: Espacio de monitoreo con cámaras de seguridad y sistemas de comunicación.
65 m²

Almacenes y bodegas: Espacios para almacenamiento de suministros y herramientas necesarias para el mantenimiento y operación de la central. 518 m²

Total = 29, 057 m²

El presente programa arquitectónico tiene como finalidad los siguientes ejes:

- **Conectividad y Flujo Vehicular:** Garantizar un diseño óptimo de vialidades, andenes y áreas de maniobra para los autobuses, taxis y vehículos particulares, minimizando los tiempos de espera y mejorando la eficiencia operativa.
- **Confort del Usuario:** Las áreas de espera y de servicios se proyectaron con la finalidad de proporcionar un ambiente cómodo, con una adecuada iluminación natural y artificial, así como un sistema de ventilación natural que aproveche las condiciones climáticas locales para garantizar el confort térmico de los usuarios.

- **Sostenibilidad y Eficiencia Energética:** El proyecto integra estrategias de sostenibilidad, como el uso de energías renovables, materiales de bajo impacto ambiental, y sistemas pasivos para la optimización energética del edificio.

- **Funcionalidad Operativa:** Se contempla una infraestructura administrativa y operativa robusta que facilite la gestión eficiente de la terminal, incluyendo áreas para el mantenimiento de autobuses, espacios de almacenamiento, oficinas administrativas y una sala de control para monitorear la seguridad y operatividad del complejo.

Planta conjunto



fig. 29, central de autobuses planta conjunto imagen propia realizada en Adobe Photoshop 2024

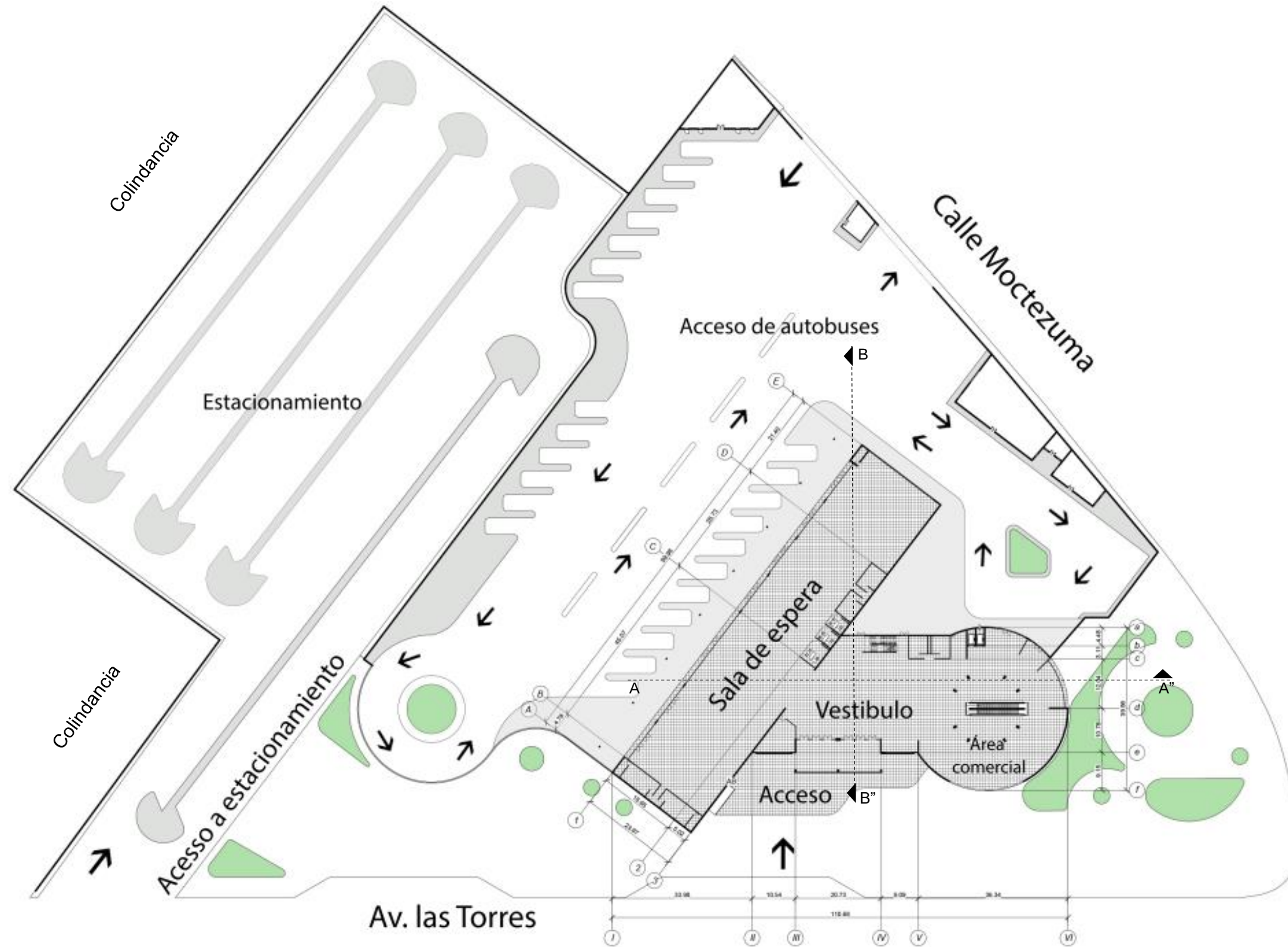


fig. 30 central de autobuses planta baja
imagen propia realizada en autodesk
Revit 2024

Planos Arquitectónicos

Primer nivel

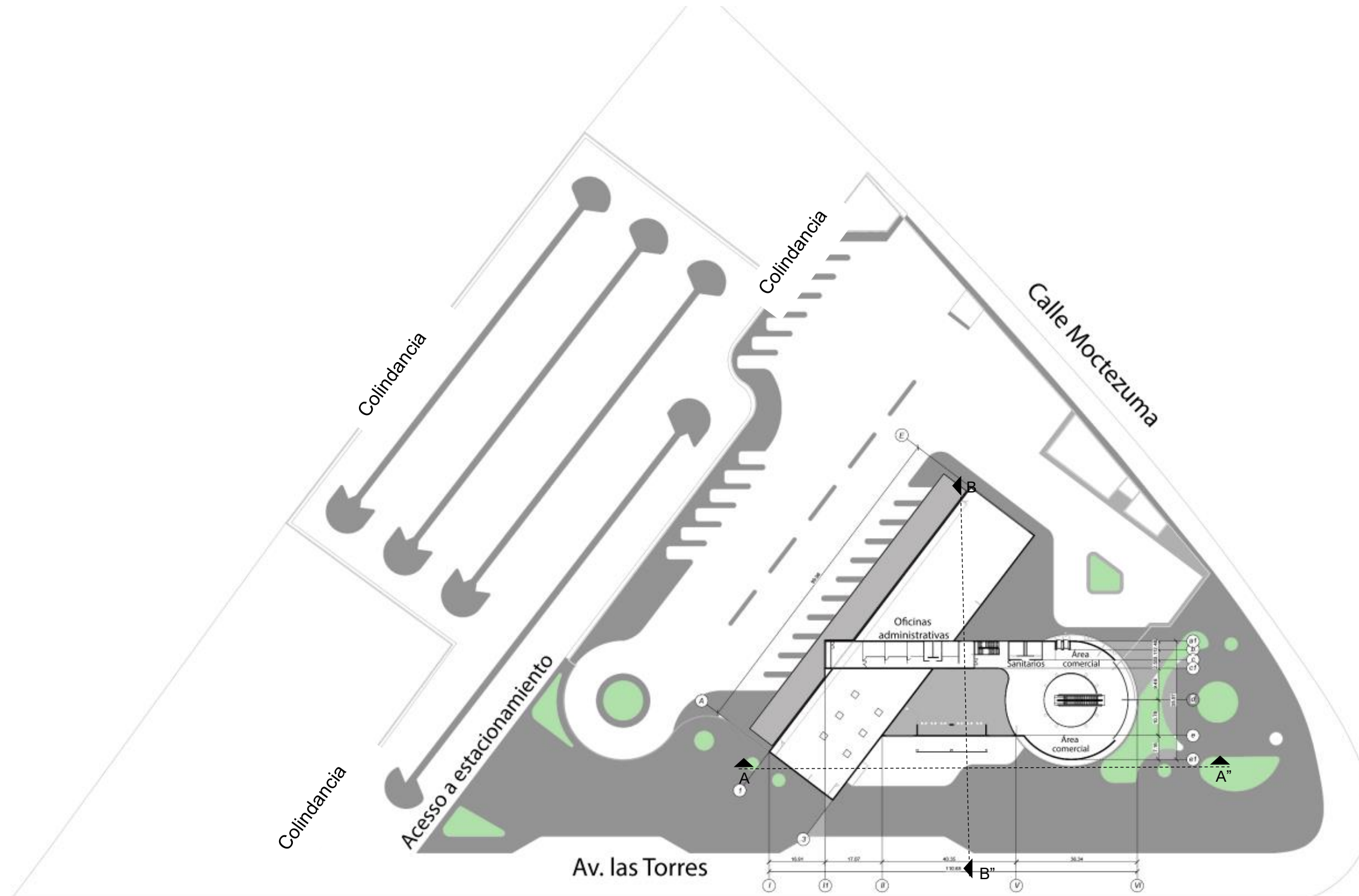


fig. 31 central de autobuses primer nivel

imagen propia realizada en autodesk Revit 2024

Planos Arquitectónicos
Planta baja

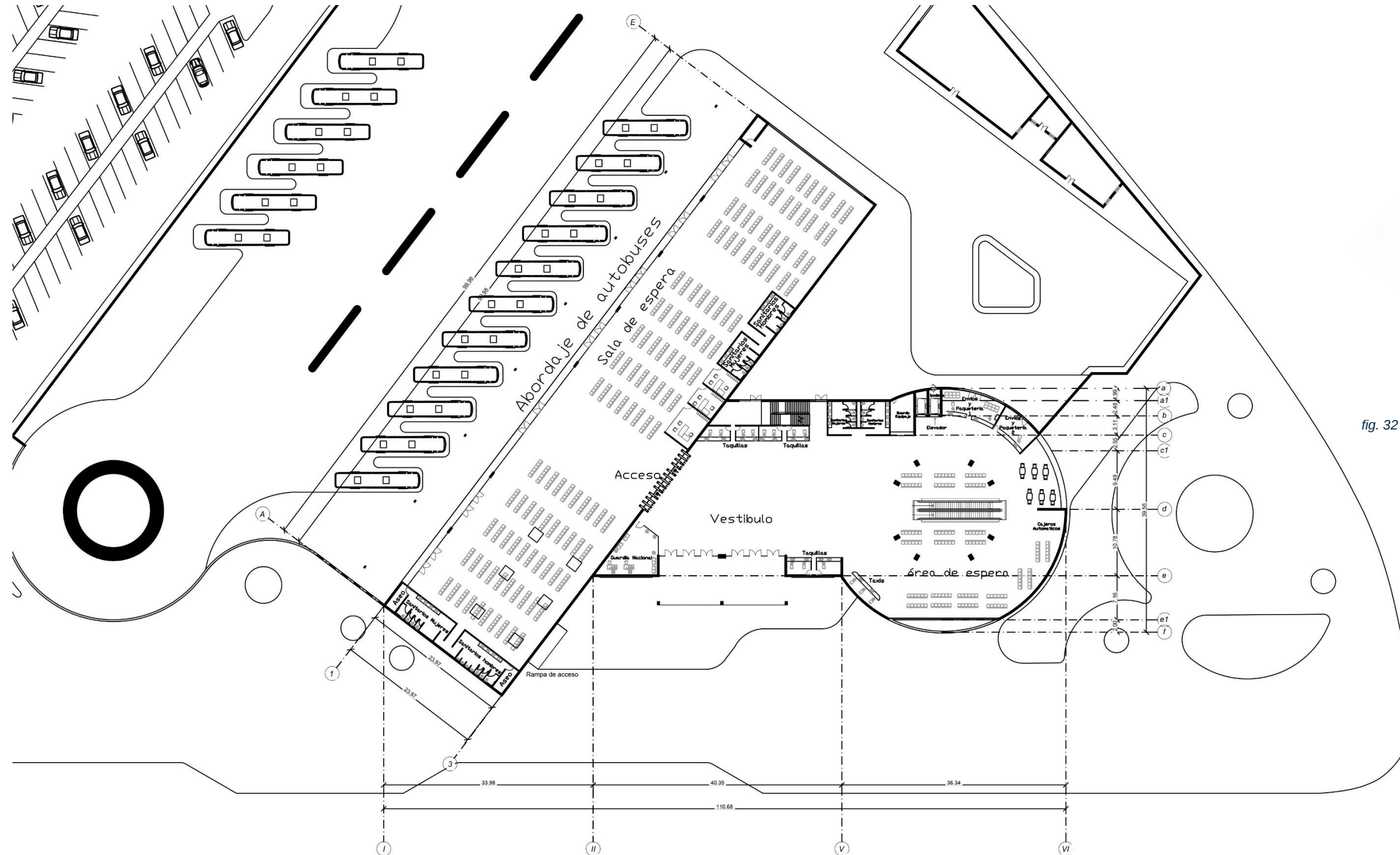


fig. 32 plano arquitectónico planta baja
imagen propia realizada en
autodesk Revit 2024

Planos Arquitectónicos

Primer nivel

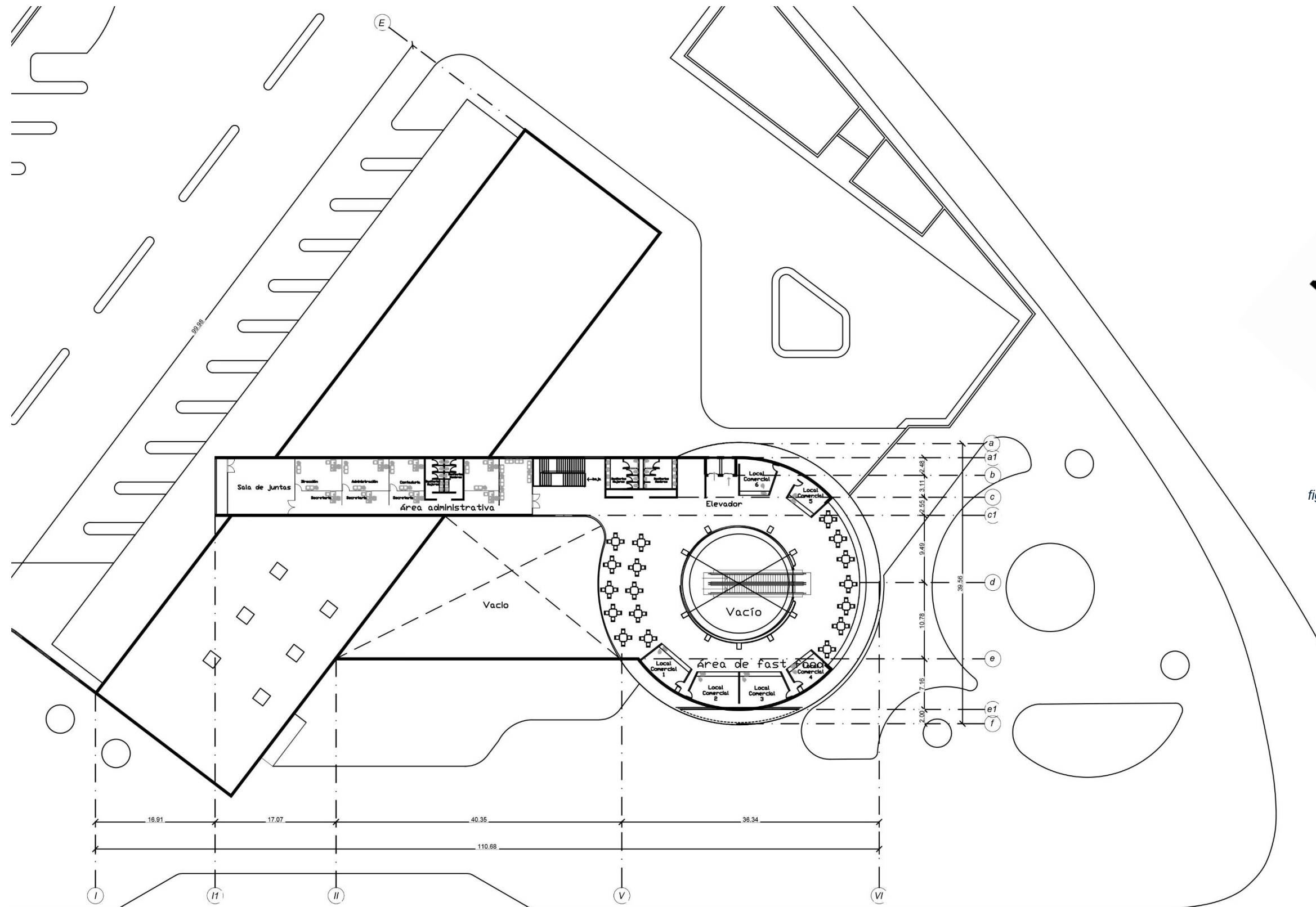


fig. 33 plano arquitectónico primer nivel
imagen propia realizada en
autodesk Revit 2024

Planos Arquitectónicos

Cortes

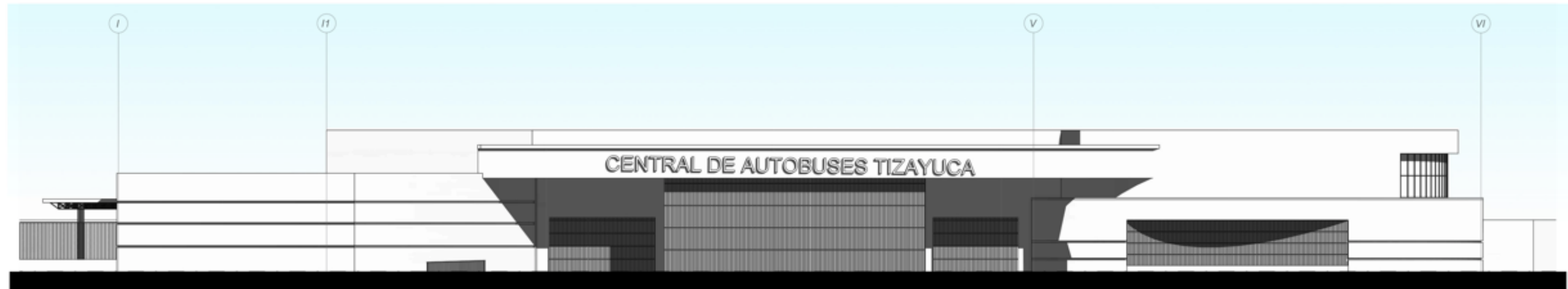


Corte A, A''

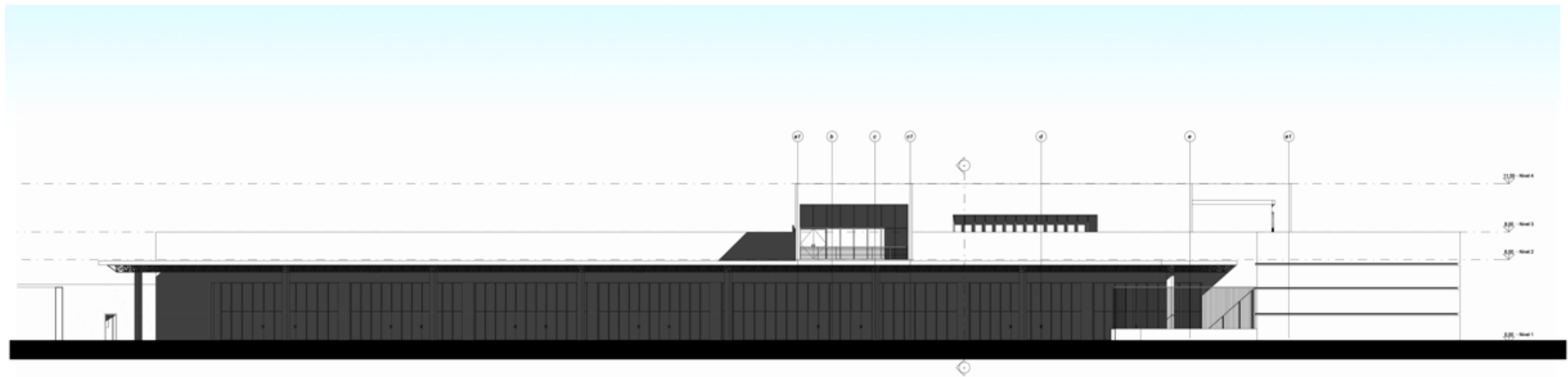


fig. 34 cortes arquitectónicos

Corte B, B



fachada suroeste



fachada norte

fig. 35 fachadas
, imagen propia realizada en autodesk Revit 2024



CAPITULO 5. ANALISIS BIOCLIMATICO

El estudio solar es una herramienta fundamental en el diseño arquitectónico bioclimático, En el caso de la central de autobuses Tizayuca, la correcta interpretación de la trayectoria solar y su influencia sobre el entorno construido es crucial para optimizar el confort térmico, la eficiencia energética y la sostenibilidad del proyecto.

La localización geográfica de Tizayuca, se caracteriza por un clima semifrío seco y una baja variación estacional de temperaturas, estos elementos requieren un enfoque integral que permita maximizar el aprovechamiento de la radiación solar durante los meses fríos y minimizar la ganancia térmica en periodos cálidos. Este estudio solar se centra en analizar la incidencia de la radiación solar, con el fin de establecer estrategias de diseño pasivo, tales como la orientación adecuada del edificio, el uso de sombras naturales o artificiales, y la elección de materiales que contribuyan a un mejor desempeño térmico.

La orientación de las áreas que conforman la central de autobuses se diseñó considerando los requerimientos de confort de los usuarios y el tiempo de permanencia en dichas áreas. Por ello, el acceso y vestíbulo se ubicaron en la orientación con mayor incidencia solar, mientras que las zonas donde los usuarios permanecen más tiempo se localizaron en áreas con menor exposición al calentamiento.

De acuerdo al análisis solar las fachadas más expuestas a la radiación solar fueron la orientada al sur y suroeste,

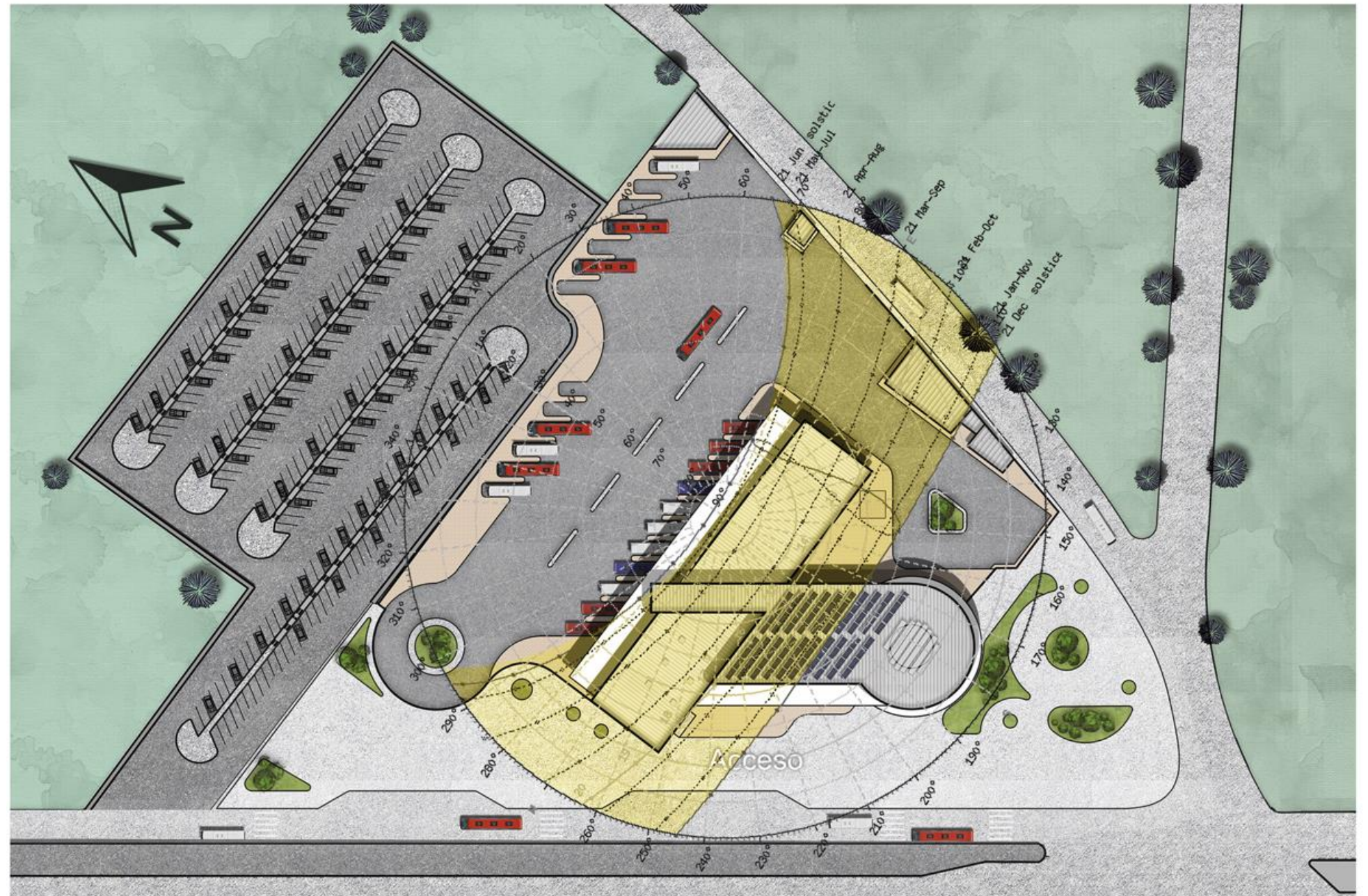


fig. 36 Estudio de asoleamiento

imagen propia realizada en Adobe Photoshop 2024

Análisis de fachadas

Se realizó un análisis detallado del asoleamiento en las fachadas sur y suroeste, debido a su exposición a la radiación solar, con el objetivo de optimizar el confort térmico y la eficiencia energética del edificio. A continuación, se presentan las consideraciones clave y los dispositivos de control solar recomendados para estas orientaciones.

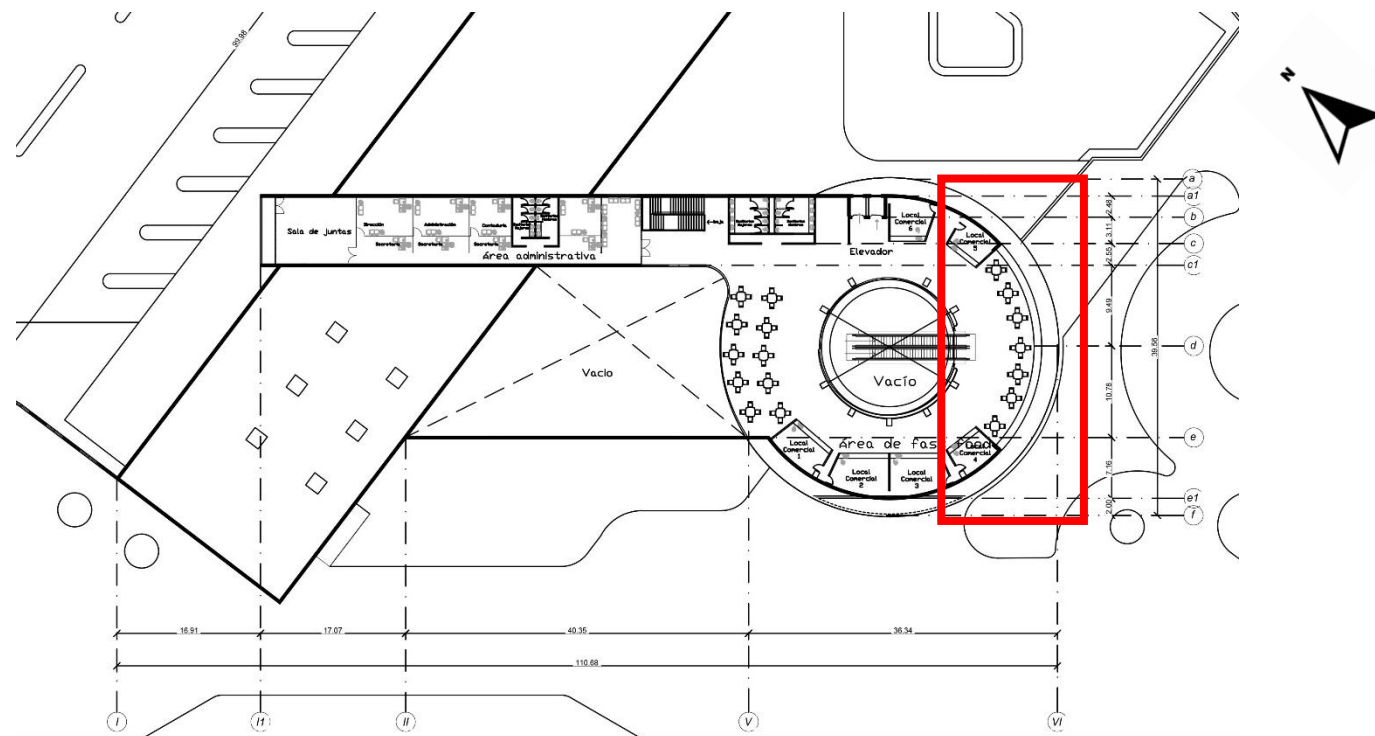


fig. 37 estudio solar

fachada de análisis solar orientación sur imagen propia realizada en Adobe Photoshop 2024

1.- Estudio solar fachada Sur

La fachada sur recibe radiación solar directa durante gran parte del día, especialmente en invierno, cuando el sol tiene una trayectoria más baja. Sin embargo, en este periodo se requiere ganancia de calor, por lo tanto, se resolvió la fachada mediante remetimiento.

Estrategias de Control Solar: Remetimiento en acristalamientos

Ventajas del remetimiento en una orientación sur:

1. **Control del Asoleamiento Directo en Verano:** Al tener un remetimiento, la parte superior de la fachada actúa como un alero, evitando que la radiación solar directa impacte sobre el acristalamiento durante los meses de mayor calor, especialmente en las horas más cálidas del día.
2. **Aprovechamiento de la Luz Natural en Invierno:** En invierno, cuando el ángulo del sol es más bajo, la radiación puede entrar de manera más directa, lo cual es beneficioso para el confort térmico sin sobrecalentar el interior. Esto permite aprovechar la luz natural y reducir el uso de iluminación artificial, mejorando la eficiencia energética.

ESTUDIO SOLAR FACHADA SUR SOLSTICIO DE VERANO



fig. 38 fachada sur solsticio de verano 12:00 hrs.

imagen propia realizada en Autodesk Revit 2022

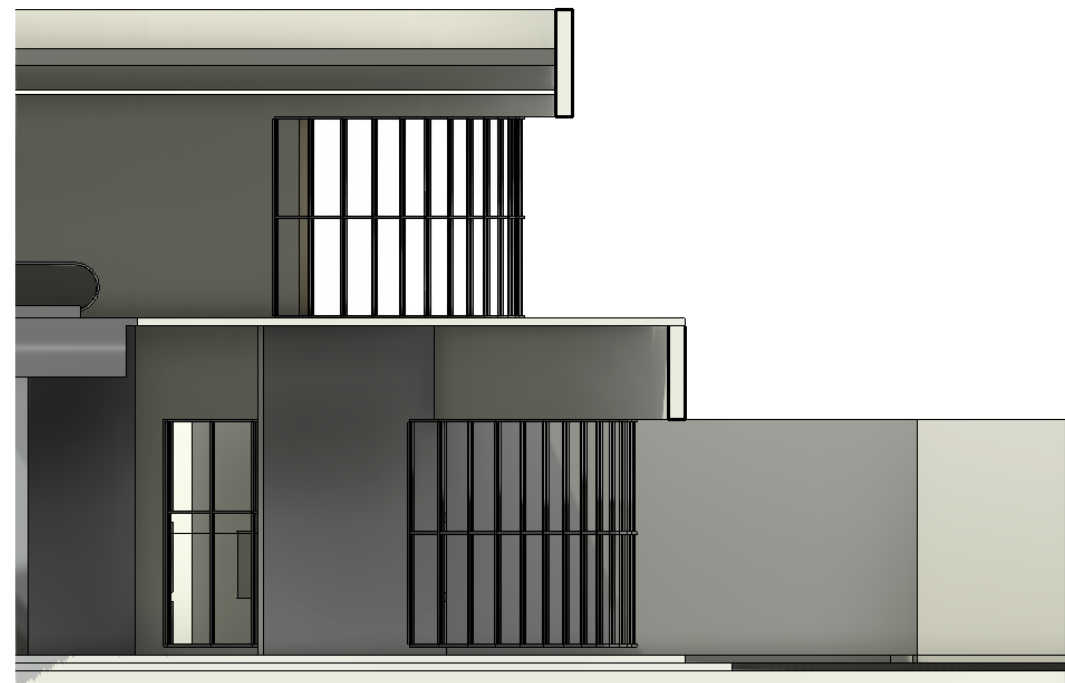


fig. 39 fachada sur solsticio de verano 15:00 hrs
imagen propia realizada en Autodesk Revit 2022



fig. 40 fachada sur solsticio de verano 17:00 hrs
imagen propia realizada en Autodesk Revit 2022

Durante el solsticio de verano el remetimiento funciono adecuadamente para bloquear la radiación solar directa en los horarios de 12:00, 15.00 Y 17:00 hrs como podemos observar en las fig. 39, 40 y 41.

ESTUDIO SOLAR FACHADA SUR EQUINOCIO DE PRIMAVERA



fig. 41 fachada sur equinoccio de primavera 12:00 hrs
Imagen propia realizada en Autodesk Revit 2022



fig. 42 fachada sur equinoccio de primavera 15:00 hrs imagen propia realizada en Autodesk Revit 2022



fig. 43 fachada sur equinoccio de primavera 17:00 hrs imagen propia realizada en Autodesk Revit 2022

Durante el equinoccio de primavera el remetimiento funciono adecuadamente para bloquear la radiación solar directa en los horarios de 15.00 Y 17:00 hrs. sin embargo existe una ligera penetración solar en horario de 12:00 que no afecta al no ser horas de sobrecalentamiento que están determinadas en horario de 14:00 a 17:00 hrs en los meses de abril y mayo, como podemos observar en las fig. 42, 43 y 44.

ESTUDIO SOLAR DE FACHADA SUR SOLSTICIO DE INVIERNO



fig. 44 fachada sur solsticio de invierno 12:00 hrs imagen propia realizada en Autodesk Revit 2022

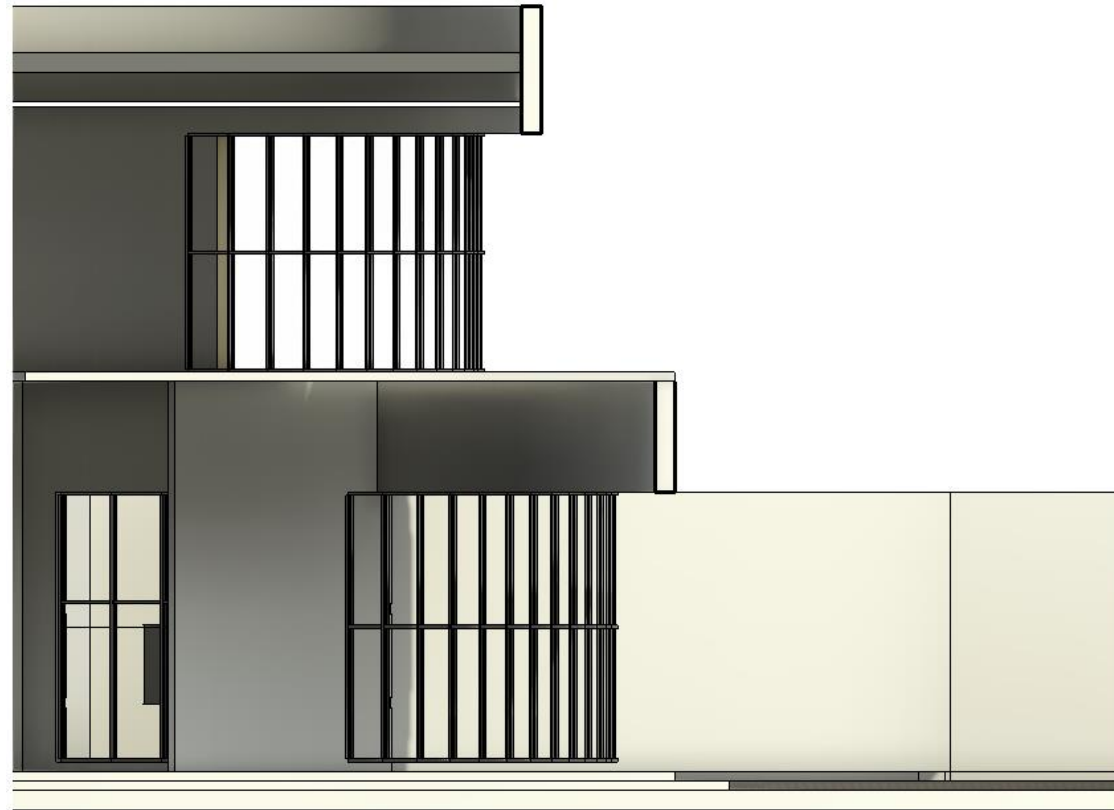


fig. 45 fachada sur solsticio de invierno 15:00 hrs
Imagen propia realizada en Autodesk Revit 2022

Durante el solsticio de invierno, el remetimiento funcionó adecuadamente para bloquear la radiación solar directa a partir de las 15:00 horas. Sin embargo, al mediodía se permite una ligera penetración solar que contribuye a obtener las ganancias térmicas necesarias para mantener la temperatura estacional, como se observa en las figuras 45 y 46.

En conclusión, el estudio solar de la fachada sur demuestra que el diseño con remetimiento funciona eficazmente como un sistema de control solar pasivo a lo largo del año. Durante el solsticio de verano y el equinoccio de primavera, el remetimiento bloquea la radiación directa en los horarios de mayor incidencia, evitando el sobrecalentamiento en el interior. En invierno, el remetimiento permite la entrada de radiación solar en horas estratégicas, contribuyendo a las ganancias térmicas necesarias para mejorar el confort en la temporada fría. Este diseño asegura un equilibrio adecuado entre la protección solar y la captación de calor según las necesidades estacionales, optimizando el rendimiento energético de la fachada.

1.- Estudio solar fachada Suroeste

La fachada suroeste recibe radiación solar directa principalmente durante las horas de la tarde, especialmente en invierno, cuando el ángulo solar es más bajo. Sin embargo, en este periodo se requiere una ganancia de calor. Por lo tanto, se diseñó la fachada con un alero en combinación con faldón con la finalidad de bloquear la incidencia solar, complementado con pantallas tipo celosía que protegen los acristalamientos y reducen las ganancias térmicas indeseadas.

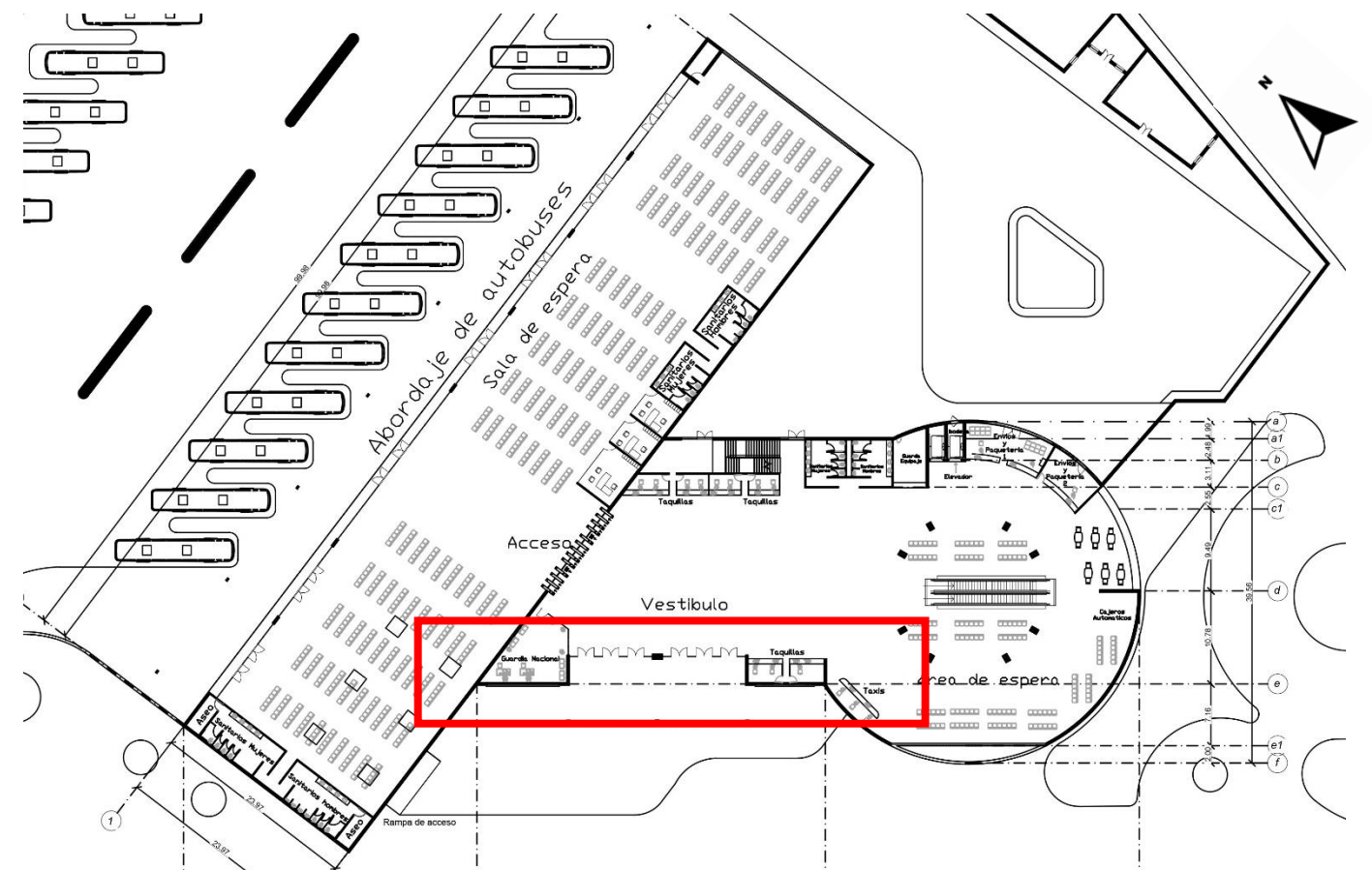


fig. 46 fachada de análisis solar orientación suroeste

imagen propia realizada en Adobe Photoshop 2024

Estrategias de Control Solar: alero, faldón y pantalla de control solar

Bloqueo de la Radiación Directa en Verano:

El alero con faldón se diseñó para bloquear los rayos solares cuando el sol está alto en verano, evitando la incidencia directa sobre los acristalamientos y reduciendo la ganancia térmica en las horas de mayor temperatura.

En los meses de invierno, cuando el sol está en un ángulo más bajo, el alero con faldón permite la entrada de radiación solar, proporcionando calefacción pasiva y aprovechando la ganancia térmica para mantener la temperatura interior.

Protección del Acristalamiento mediante pantallas para reducción de deslumbramiento:

Para resolver esta situación se emplearon pantallas en los acristalamientos que actúan como una barrera que protege las ventanas de la luz directa, minimizando el deslumbramiento y los reflejos en el interior, lo cual mejora el confort visual, también permite una buena iluminación natural indirecta, reduciendo la dependencia de luz artificial sin aumentar la temperatura interior de forma significativa.

ESTUDIO SOLAR FACHADA SUROESTE SOLSTICIO DE VERANO



fig. 47 fachada suroeste solsticio de verano 12:00 hrs

Imagen propia realizada en Autodesk Revit 2022



fig. 48 fachada suroeste solsticio de verano 15:00 hrs

Imagen propia realizada en Autodesk Revit 2022



fig. 49 fachada suroeste solsticio de verano 17:00 hrs

Imagen propia realizada en Autodesk Revit 2022

En el estudio solar realizado durante el solsticio de verano, los dispositivos de alero en combinación con el faldón funcionaron correctamente en los horarios de 12:00 a 15:00 horas. En horarios posteriores, la incidencia solar se controló mediante las pantallas colocadas en los acristalamientos, como se observa en las figuras 48, 49 y 50.

ESTUDIO SOLAR FACHADA SUROESTE EQUINOCCIO DE PRIMAVERA



fig. 50 fachada suroeste equinoccio de primavera 12:00 hrs
Imagen propia realizada en Autodesk Revit 2022



fig. 51 fachada suroeste equinoccio de primavera 15:00 hrs
imagen propia realizada en Autodesk Revit 2022



fig. 52 fachada suroeste equinoccio de primavera 17:00 hrs
Imagen propia realizada en Autodesk Revit 2022

En el estudio solar realizado durante el equinoccio de primavera, los dispositivos de alero en combinación con el faldón funcionaron correctamente, al igual que en el periodo del solsticio de verano, en los horarios de 12:00 a 15:00 horas. En horarios posteriores, la incidencia solar se controló mediante las pantallas de control solar colocadas en los acristalamientos, como se observa en las figuras 51, 52 y 53.

ESTUDIO SOLAR DE FACHADA SUROESTE SOLSTICIO DE INVIERNO



fig. 53 fachada suroeste solsticio de invierno 12:00 hrs

imagen propia realizada en Autodesk Revit 2022



fig. 54 fachada suroeste solsticio de invierno 15:00 hrs

Imagen propia realizada en Autodesk Revit 2022



fig. 55 fachada suroeste solsticio de invierno 17:00 hrs

Imagen propia realizada en Autodesk Revit 2022

En el estudio solar realizado durante el solsticio de invierno, los dispositivos de alero en combinación con el faldón funcionaron correctamente en el horario de las 12:00 horas. Posteriormente, en los horarios de 15:00 y 17:00 horas, la incidencia solar se bloqueó mediante las pantallas colocadas en los acristalamientos, como se observa en las figuras 54, 55 y 56.

En conclusión, el estudio solar de la fachada suroeste demuestra la efectividad de los dispositivos de alero combinados con el faldón para controlar la radiación solar a lo largo del año. Durante los periodos de mayor radiación, como el solsticio de verano y el equinoccio de primavera, estos dispositivos funcionaron adecuadamente en los horarios de 12:00 a 15:00 horas, protegiendo el interior del sobrecalentamiento. En los horarios posteriores, la incidencia solar fue controlada eficientemente mediante las pantallas de control solar en los acristalamientos. En el solsticio de invierno, el alero y faldón también funcionaron correctamente a las 12:00 horas, y las pantallas continuaron siendo efectivas en los horarios posteriores. Este diseño asegura un manejo eficiente de la radiación solar, optimizando el confort interior y la eficiencia energética de la fachada durante todo el año.

CONCLUSIONES

el estudio solar de las fachadas sur y suroeste demuestra la efectividad de los sistemas de control solar pasivos implementados en el diseño del edificio. El remetimiento en la fachada sur actúa de manera eficaz durante todo el año, bloqueando la radiación directa en los momentos de mayor incidencia, como el solsticio de verano y el equinoccio de primavera, y permitiendo la entrada de radiación solar en invierno para lograr las ganancias térmicas necesarias. Por otro lado, los dispositivos de alero combinados con el faldón en la fachada suroeste también cumplen su función de controlar la radiación solar, protegiendo el interior del sobrecalentamiento durante las horas críticas y optimizando el uso de las pantallas para manejar la incidencia solar en diferentes horarios. Ambos diseños aseguran un equilibrio adecuado entre protección solar y aprovechamiento de calor, contribuyendo a un rendimiento energético eficiente y un confort interior constante a lo largo del año.

5.2 ANALISIS DE VIENTO

El análisis de viento se realizó mediante el software **Autodesk Flow Design** bajo el siguiente proceso:

1. **Creación y Simplificación del modelo**, eliminando elementos innecesarios que ni afecten el flujo del viento.
2. **Configuración de la Simulación**: Se configura la dirección del viento hacia el noreste, de acuerdo con la **Gráfica 11**. de la rosa de los vientos anual, la cual indica una velocidad máxima anual de 8 m/s y una velocidad promedio anual de 4.5 m/s.
3. **Ejecución de la Simulación**: ajuste y monitoreo del proceso.
4. **Análisis de Resultados**: Una vez finalizada la simulación, se visualizaron y analizaron los resultados, enfocándose en áreas de alta presión y turbulencia.

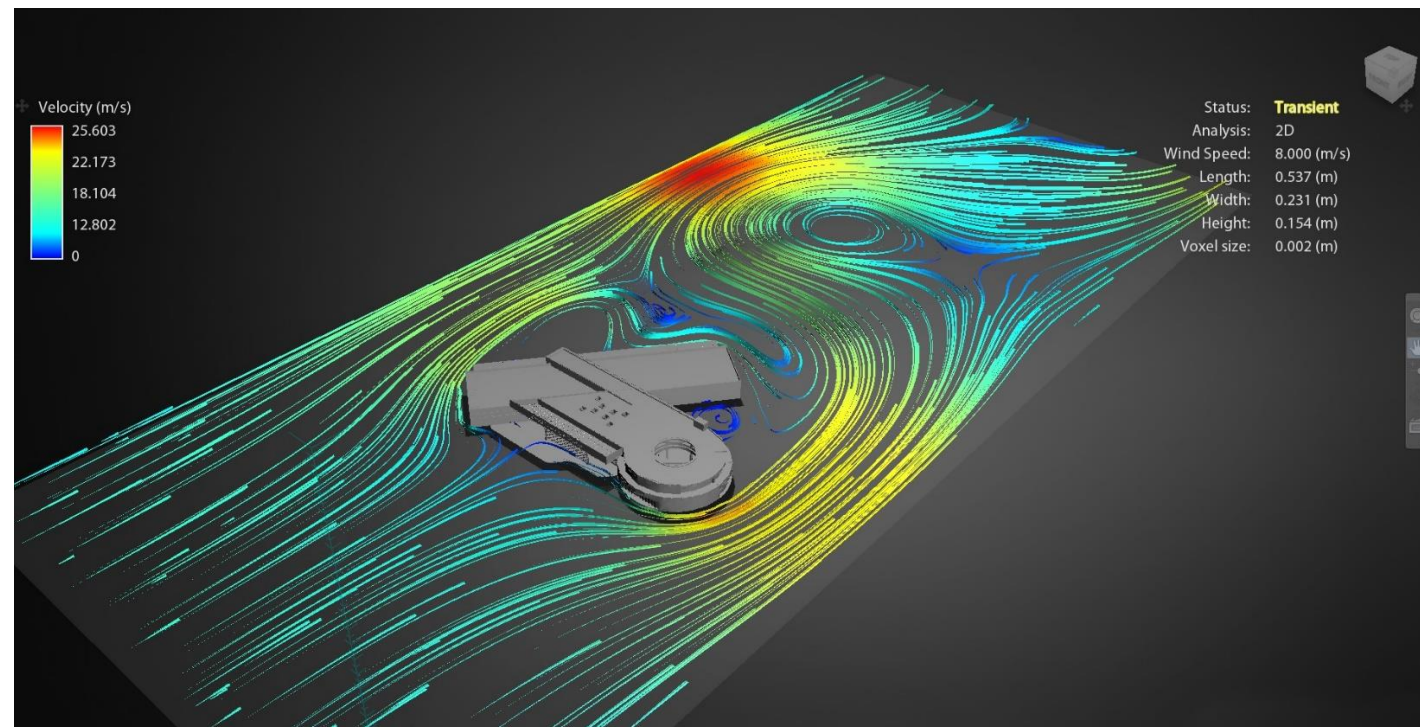


fig. 56 Análisis de viento central de autobuses Tizayuca

vista superior. Imagen propia realizada en software Autodesk Flow Design.

Velocidad del Viento:

En la fig. Observamos el rango de velocidades se representa mediante una escala de colores. El rojo indica las áreas con la mayor velocidad (hasta 25.603 m/s), y el azul indica las áreas con la menor velocidad (0 m/s).

En la imagen, se observa que el área justo delante de la estructura tiene velocidades más bajas (indicadas por los colores azul y verde), mientras que hay un aumento en la velocidad (colores amarillos a rojo) a medida que el viento se desplaza.

Dirección y Comportamiento del Flujo:

Las líneas de flujo muestran cómo el viento interactúa con la estructura. Hay un desvío claro en el flujo alrededor de la estructura, lo cual es esperado debido a la obstrucción física.

Turbulencias:

En la parte superior derecha de la estructura, donde las líneas de flujo se vuelven más caóticas, es evidente que se están formando vórtices. Esto ocurre donde el viento cambia bruscamente de dirección y velocidad, lo que podría representar zonas de alta turbulencia.

Zonas Críticas: Las áreas de alta velocidad (en rojo) pueden indicar posibles puntos de fallo o desconfort sin embargo se presentan fuera del área destinada a los usuarios.

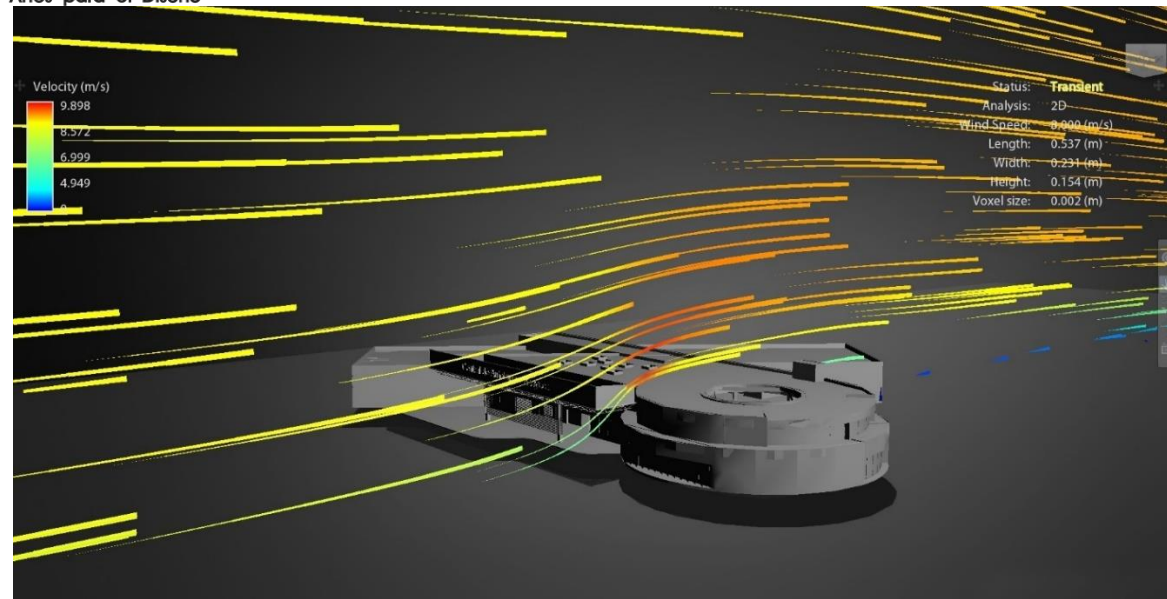


fig. 57 Análisis de viento vista lateral

Imagen propia realizada en software Autodesk Flow Design.

Análisis del Flujo de Viento:

En esta simulación, el flujo de viento mantiene una dirección relativamente constante hasta que se acerca a la estructura, donde las líneas de flujo comienzan a curvarse y comprimirse, particularmente en las áreas cercanas a la fachada del edificio.

Las velocidades más altas se observan en las líneas amarillas y naranjas, que parecen concentrarse en la parte superior derecha de la estructura,

as presiones positivas se presentan en la fachada frontal del edificio, donde el viento impacta directamente. Esto lo podemos observar en la fig.

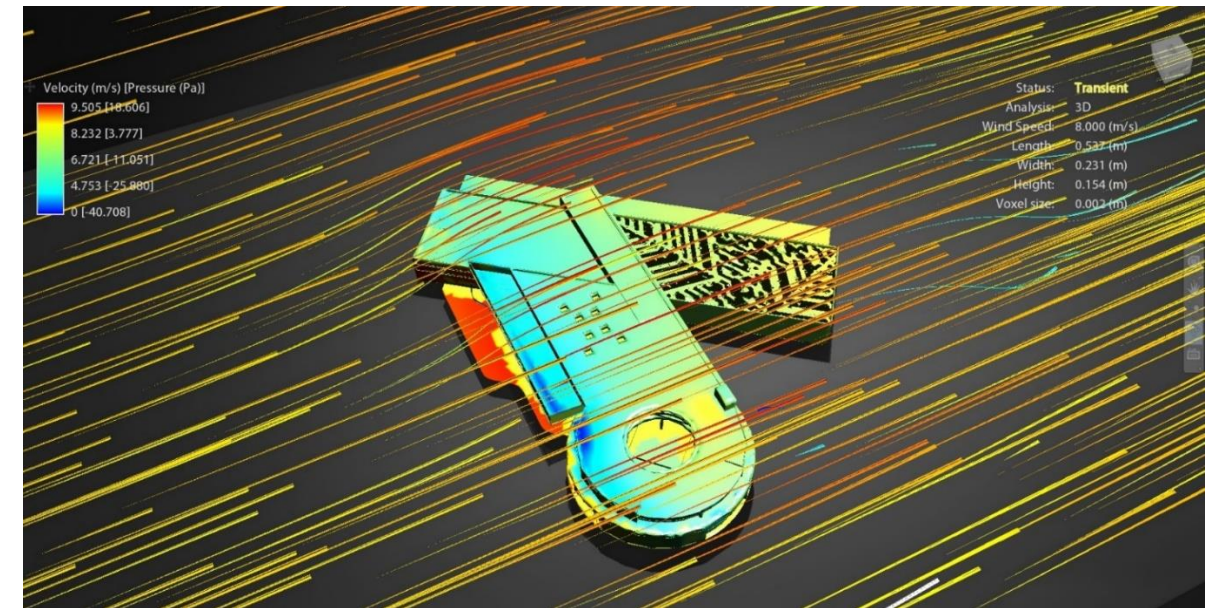


fig. 58 Análisis de presión de viento vista superior

Imagen propia realizada en software Autodesk Flow Design.

- **Zonas Críticas:** Las zonas con colores cálidos (amarillo a rojo) en la imagen son indicativas de presiones positivas altas, que podrían ejercer fuerzas significativas sobre la edificación. Es importante considerar estas áreas en el diseño para asegurar que la estructura pueda soportar estas cargas.
- **Zonas de presión negativa:** Las áreas con colores fríos (verde a azul) indican presiones negativas, lo que puede generar efectos de succión sobre la estructura, especialmente en las áreas de borde o en los lados alejados del impacto directo del viento. Como lo observamos en la fig.

Conclusión

El análisis del viento realizado con Autodesk Flow Design permitió identificar el comportamiento del flujo alrededor de la estructura del central de autobuses en Tizayuca. Se observaron zonas de alta y baja velocidad del viento. El flujo de viento mostró desvíos significativos al encontrarse con la estructura, creando turbulencias y vórtices en la parte superior derecha, lo que podría representar zonas de alta turbulencia.

Además, se detectaron zonas de alta presión en la fachada frontal del edificio debido al impacto directo del viento, lo que sugiere la necesidad de reforzar el diseño estructural en estas áreas para soportar las cargas generadas. Por otro lado, las áreas con presiones negativas indican potenciales efectos de succión, particularmente en los bordes o lados alejados del impacto directo del viento. Este análisis es crucial para asegurar la estabilidad y el confort de los usuarios en la edificación.

Para desarrollar el análisis térmico se siguieron los siguientes pasos con la herramienta **Design Builder** versión 6.0.

1.- Recolección y aplicación de datos del proyecto y climatológicos.

- **Planos arquitectónicos**
- **Materiales y Propiedades:** Identificar los materiales de construcción y sus propiedades térmicas (conductividad, densidad, calor específico).
- **Condiciones Climáticas:** Recopilar datos climáticos del sitio (temperatura, humedad, velocidad del viento) a partir de bases de datos climáticas reconocidas o estaciones meteorológicas locales almacenadas en archivo epw.
- **Ocupación y Uso:** Estimar la densidad de ocupación y horarios de uso.

2.- Modelado en Design Builder

- **Creación del Modelo 3D:** creación del modelo tridimensional del edificio y la sala de espera en Design Builder, asegurando la precisión en las dimensiones y características físicas.
- **Definición de Zonas Térmicas:** Delimitar la sala de espera como una zona térmica específica, definiendo su uso, ocupación y programaciones de operación.
- **Asignación de Materiales:** Asignar los materiales constructivos con sus propiedades térmicas a los diferentes elementos del modelo (muros, techos, ventanas, suelos).

3. Simulación Térmica

- **Condiciones Iniciales:** Establecer las condiciones iniciales de la simulación, como la temperatura interior deseada y las condiciones exteriores climáticas analizando en todo momento la temperatura operativa dentro del rango de confort.

4. Evaluación de Resultados

- **Confort Térmico:** Analizar los resultados en términos de confort térmico, evaluando temperaturas operativas, distribución del calor, y cumplimiento de los estándares de confort de la temperatura operativa.

El área elegida para el análisis es la sala de espera, debido a su carácter prioritario, sustentado en el tiempo de ocupación por parte de los usuarios y justificado en los siguientes puntos:

Bienestar de los usuarios: Las personas pasan periodos de tiempo variable en estas áreas. Un ambiente térmico adecuado asegura que no se sientan incómodas por bajas temperaturas o sobrecalentamiento.

Impacto en la salud: Condiciones térmicas extremas pueden afectar negativamente la salud de los usuarios, especialmente si permanecen mucho tiempo en la sala.

Productividad y eficiencia energética: el análisis térmico adecuado permite optimizar las condiciones climáticas del área acondicionándola mediante sistemas pasivos de control térmico lo que se traduce en un menor consumo energético.

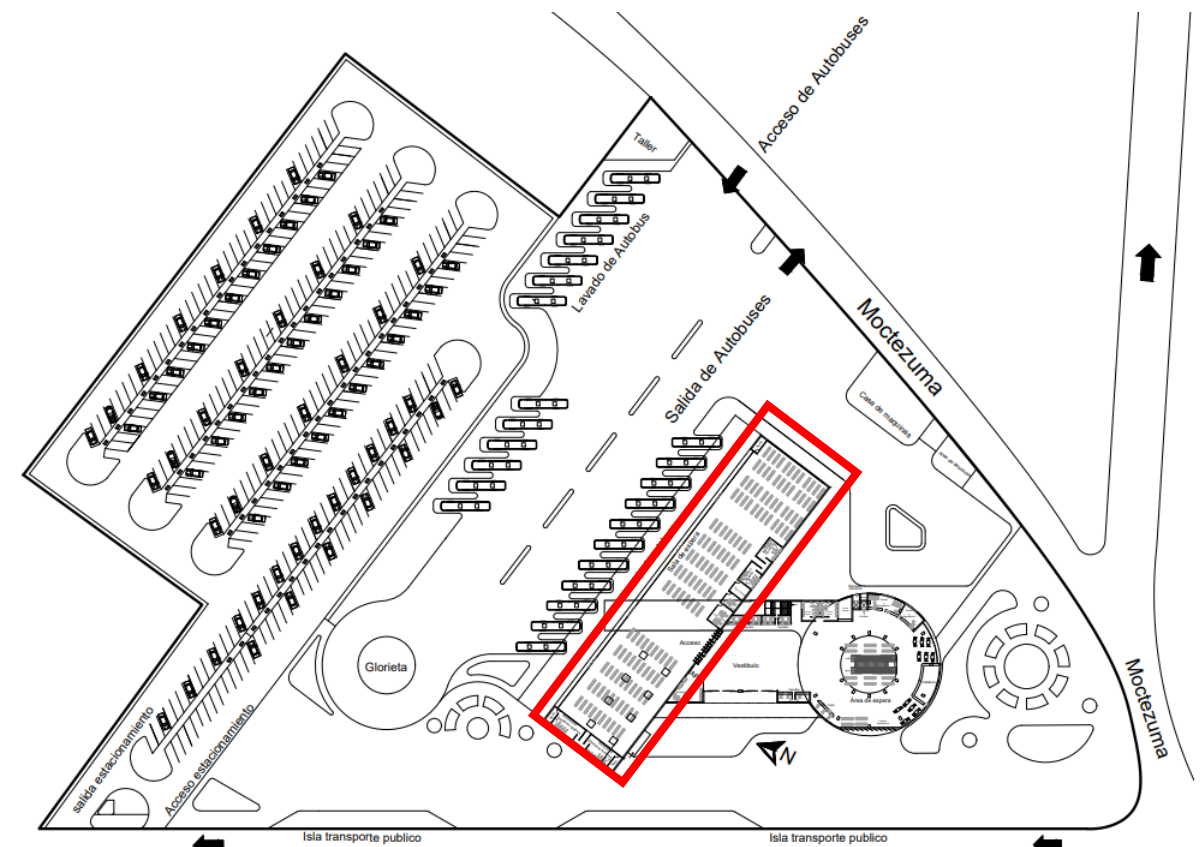


fig. 59 Área de Estudio

Central de autobuses Tizayuca Planta arquitectónica.

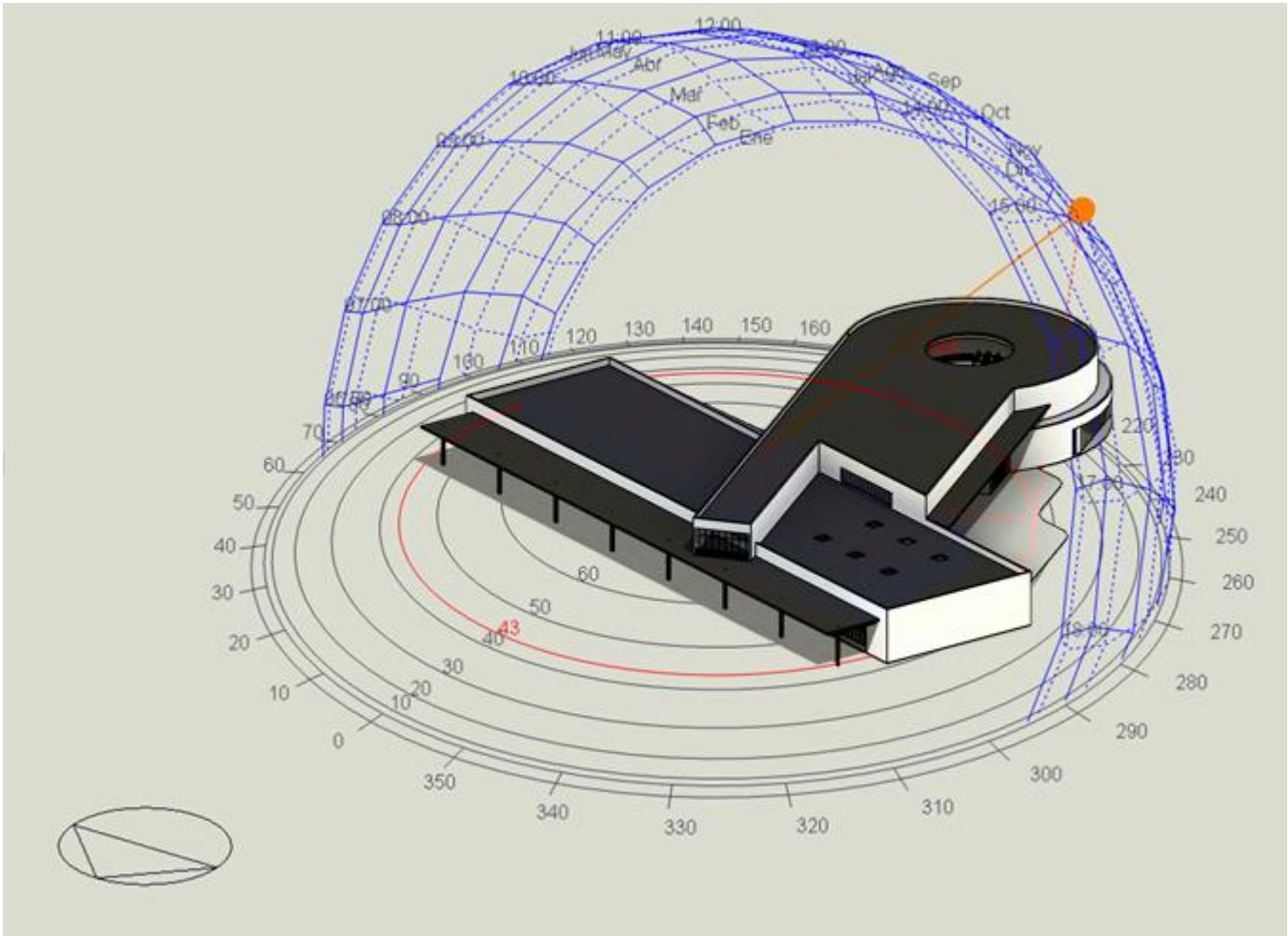


fig. 60 diagrama solar

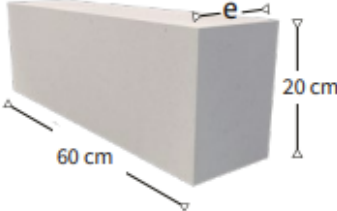
Sala de espera elaboración propia en design builder v 60.

La elección de materiales para la simulación fue acorde a sus propiedades térmicas y al beneficio obtenido a partir de sus características físicas convenientes para el proyecto

Materiales elegidos:

Muros: concreto celular


DIMENSIONES



ESPESOR e (cm)	PESO DE DISEÑO			PESO POR PIEZA			CONTENIDO POR TARIMA		
	AAC-4 kg/m³	AAC-5 kg/m³	AAC-6 kg/m³	AAC-4 (kg)	AAC-5 (kg)	AAC-6 (kg)	(m³)	(m²)	(pzas)
10.00	61.30	68.63	76.88	7.36	8.24	9.23	2.160	21.600	180
12.50	76.63	85.78	96.10	9.20	10.29	11.53	2.160	17.280	144
15.00	91.95	102.94	115.32	11.03	12.35	13.84	2.160	14.400	120
17.50	107.28	120.10	134.54	12.87	14.41	16.15	2.016	11.520	96
20.00	122.61	137.25	153.76	14.71	16.47	18.45	2.016	10.080	84
25.00	153.26	171.57	192.21	18.39	20.59	23.06	2.160	8.640	72
30.00	183.91	205.88	230.65	22.07	24.71	27.68	2.160	7.200	60

*Consulta con tu representante de ventas para más aplicaciones y usos.

fig. 61 ficha técnica concreto celular

<https://aircrete.com.mx/descargas.php>

*Resultados de prueba IMCYC			
PROPIEDADES	AAC-4	AAC-5	AAC-6
Resistencia a la compresión f' AAC, (Kg/cm²)	40.78	50.98	61.18
*Certificado bajo la NOM-018-ENER-2011			
PROPIEDADES	AAC-4	AAC-5	AAC-6
Densidad aparente (Kg/m³)	510.86	571.88	640.68
Peso de diseño (Kg/m³)	613.03	686.26	768.82
Conductividad térmica (W/m·K)	0.1042	0.1105	0.1292
Permeabilidad al vapor de agua (ng/Pa·s·m)	0.2760	0.2530	0.1810
Adsorción de humedad (% peso)	10.55	8.50	8.19

fig. 62 propiedades físicas concreto celular

Muro de vitrobloc

PRODUCTO	
BLOQUE DE VIDRIO (VITROBLOCK)	
EL PRODUCTO CUMPLE CON LOS ESTANDARES ESTABLECIDOS POR LA NORMAS:	
CE / SGS:2017 / ISO9001:2008 / ISO14001:2004 / OHSAS18001:2007 / GB / T 2801 / SNI / REACH. (SGS.: QIP-ASI 175772).	
EN 1051-2. No. DE REPORTE: GZ12111457-1.	
TAMAÑOS:	
Básicos 19x19x8cm, Especiales 30x30x10cm, Especiales 19x29x8cm, Color 19x19x8cm.	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Resultado Fontibre
Nivel de sombreado	0.56
Paso de luz	85% - 88%
Resistencia a la compresión	6.0 MN/m2 - 7.0 MN/m2
Valor de conductividad termica	3.1 W/m2K
Resistencia al calor (BTU)	0.481 BTU/h.ft2.F
Resistencia al flujo de calor (r-value)	2.08 h.ft2.F/BTU
Aislamiento acustico	40db - 45db

fig. 63 propiedades físicas vitro block

<https://www.limsa.mx/fichas/30fonvbl198burbuj.pdf?srltid=AfmBOooauCO7eftWW6JsPuKZ4TkETxUvcuSQNOvYa8XPT2OzcYUBAvrW>

Cubierta de Multipanel

Composición y uso GLAMET® A42-P1000-G4 es un panel compuesto, constituido por dos revestimientos en lámina metálica unida entre ellos de una capa de aislante de poliuretano

GLAMET® A42-P1000-G4

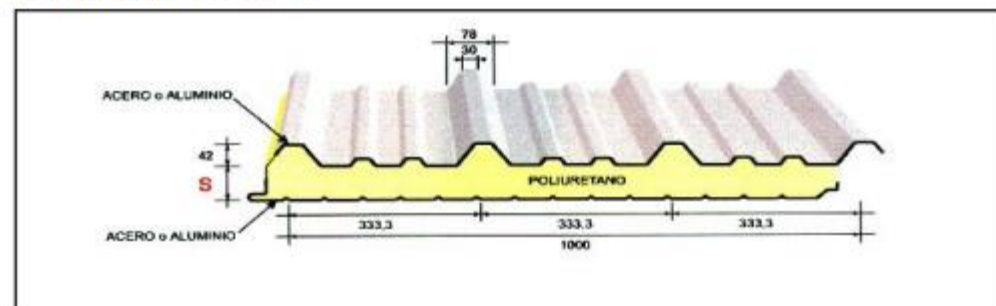


fig. 64 propiedades físicas multipanel

https://www.tecnocubiertas.mx/files/ugd/ce097e_032b52e8b6d64a028f61513db9ce5687.pdf

Características físicas

Conductividad térmica: 0,018 W/m°C con una tolerancia de +0,002 a una temperatura de 24°C, conforme con la norma ASTM C-518. ≈ 0.125 BTU's x pulgada/ (H pie2 °F)

Absorción de agua: 0,03 lbs/pie2

Resistencia de difusión de vapor de agua: Forma una película de protección compacta que dificulta la penetración de vapor de agua.

Resistencia a la intemperie: Resistencia a las influencias atmosféricas. La luz solar y la lluvia producen únicamente una alteración del color de la superficie expuesta, tornándose ésta ligeramente quebradiza.

Estabilidad dimensional: -0,9% Vol (máximo) a -28°C 4,6% Vol (máximo) a 70°C y 97% H.R. ambiente 2,9% Vol (máximo) a 93°C

Propiedades Mecánicas: Densidad empacada 38 Kg/m3 con una tolerancia de ± 2 Esfuerzo de compresión: 1.0 a 1.20 Kg/cm2

Esfuerzo de tensión: 0.8 a 1.01 Kg/cm2 Esfuerzo de Corte: 0.8 a 1.01 Kg/cm2 Temperaturas de servicio: Mínima -40°C Máxima +80°C Porcentaje celda cerrada: 90%

Acristalamiento cancelería 6 mm

Starphire® vidrio ultra claro de Vitro Vidrio Arquitectónico

Ficha técnica de propiedades¹ Starphire®

Monolítico								
Espesor		VLT ²	Reflectancia ²		(W/m ² K) Valor U ³		SHGC ⁴	LSG ⁵
pulg	mm		Exterior	Interior	Invierno Aire	Invierno Argón		
Sin recubrimiento								
1/4	6	91%	8%	8%	5.82	N/A	0.90	1.01
3/8	10	91%	8%	8%	5.69	N/A	0.89	1.02
1/2	12	90%	8%	8%	5.59	N/A	0.88	1.02

fig. 65 propiedades físicas vidrio

<https://www.vitroglazings.com/media/5k2dlm3/ficha-tecnica-starphire.pdf>

Piso concreto armado con loseta cerámica

Tiber Beige 60x60

Piso porcelánico Interceramic pulido en formato grande 60X60 cms, estilo mármol, color beige. Para uso en piso, recomendado para interior, para áreas como baño, cocina, recámara y comedor, tráfico residencial y comercial ligero y mediana variación de tonalidades asemejando la naturalidad del producto.

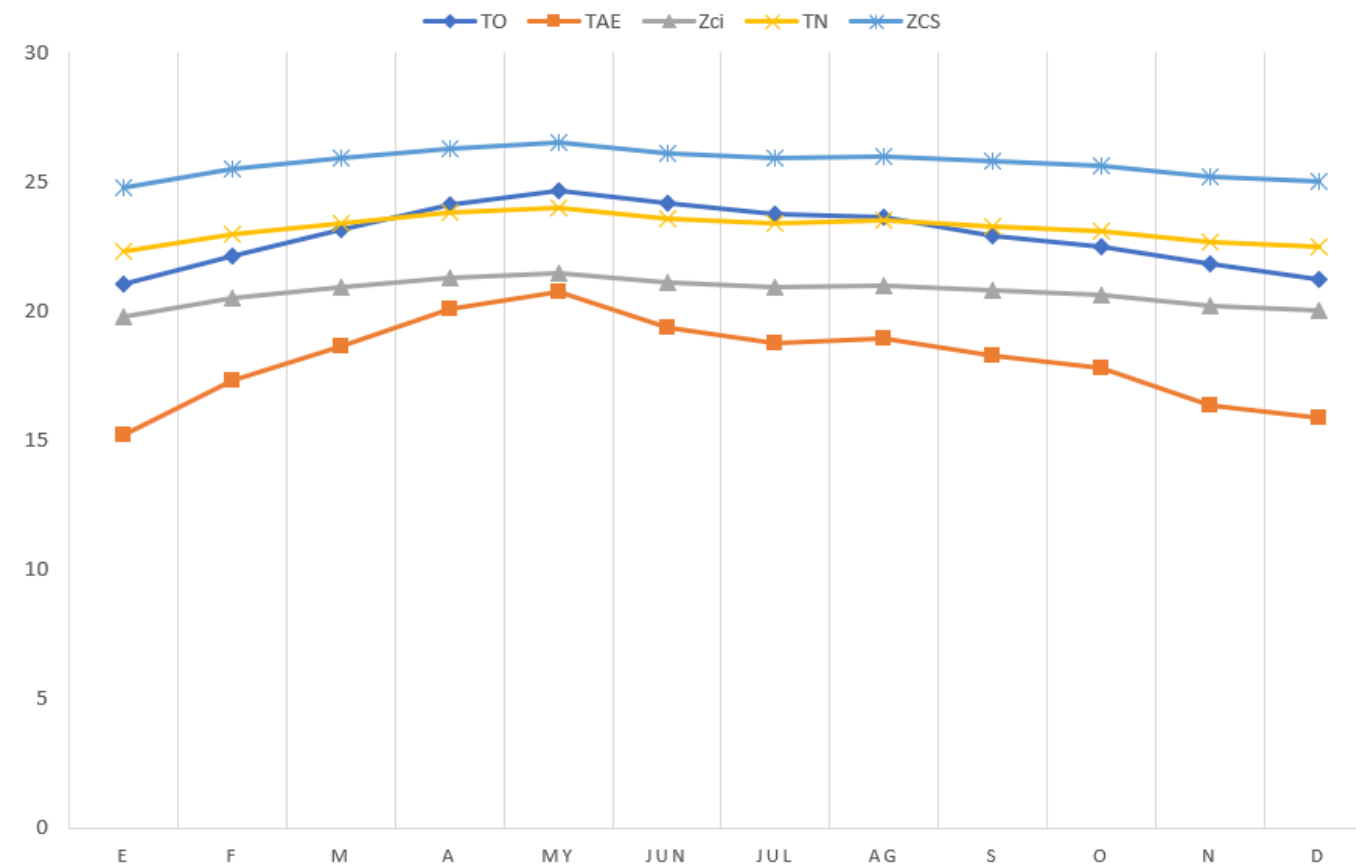


Tiber			
Piso Porcelánico Interceramic			
Pulido Técnico Rectificado			
PEI III ETT 2			
*Producto no apto para agencias automotrices			
PRUEBAS	RESULTADO	ESTÁNDAR	MÉTODOS
Resistencia al Rayado (Mohs)	5.0	≥5.0	ASTM C1895
Absorción de Agua (%)	<0.5%	<0.5%	ASTM C373
Resistencia a la Flexión (Kg/cm²)	>550	>350	E.N. ISO 13006
Resistencia a Sustancias Químicas	Resiste	Resiste	ASTM C650
Fuerza de Adhesión (psi)	>50	≥50	ASTM C482
Resistencia a la Helada	Resiste	Resiste	ASTM C1026
Resistencia al Craquelado	Resiste	Resiste	ASTM C424
Resistencia al Shock Térmico	Resiste	Resiste	ASTM C484
Resistencia al Manchado	Clase IV	De acuerdo a Resultados	ASTM C1378
Coefficiente Dinámico de Fricción*	<0.42	De acuerdo a Resultados	ANSI A326.3

fig. 66 propiedades físicas piso cerámico

https://interceramic.com/pub/media/interceramic/downloadable/catalogs/TIBE-Piso-CP-Pulido_Tecnico.pdf

RESULTADOS DE LA SIMULACION TERMICA



Grafica 17. Anual temperatura operativa

1.- **TO (Temperatura Operativa):** Representada por una línea azul con puntos de diamante, esta curva muestra la temperatura operativa a lo largo de los meses. Generalmente se mantiene por encima de los 25 °C, alcanzando su punto máximo durante los meses de abril, mayo y junio.

2- **TAE (Temperatura del Aire Exterior):** Representada por una línea naranja con puntos cuadrados, esta curva es significativamente más baja que la temperatura operativa, comenzando alrededor de los 15 °C y alcanzando un máximo de cerca de 19 °C en los meses más cálidos. Esta curva muestra cómo la temperatura del aire exterior fluctúa significativamente más que la temperatura interior.

3.- **Zci (Temperatura de Confort Inferior):** Representada por una línea gris con triángulos, esta curva se mantiene bastante constante alrededor de los 20 °C durante todo el año. Este es el límite inferior del rango de confort térmico.

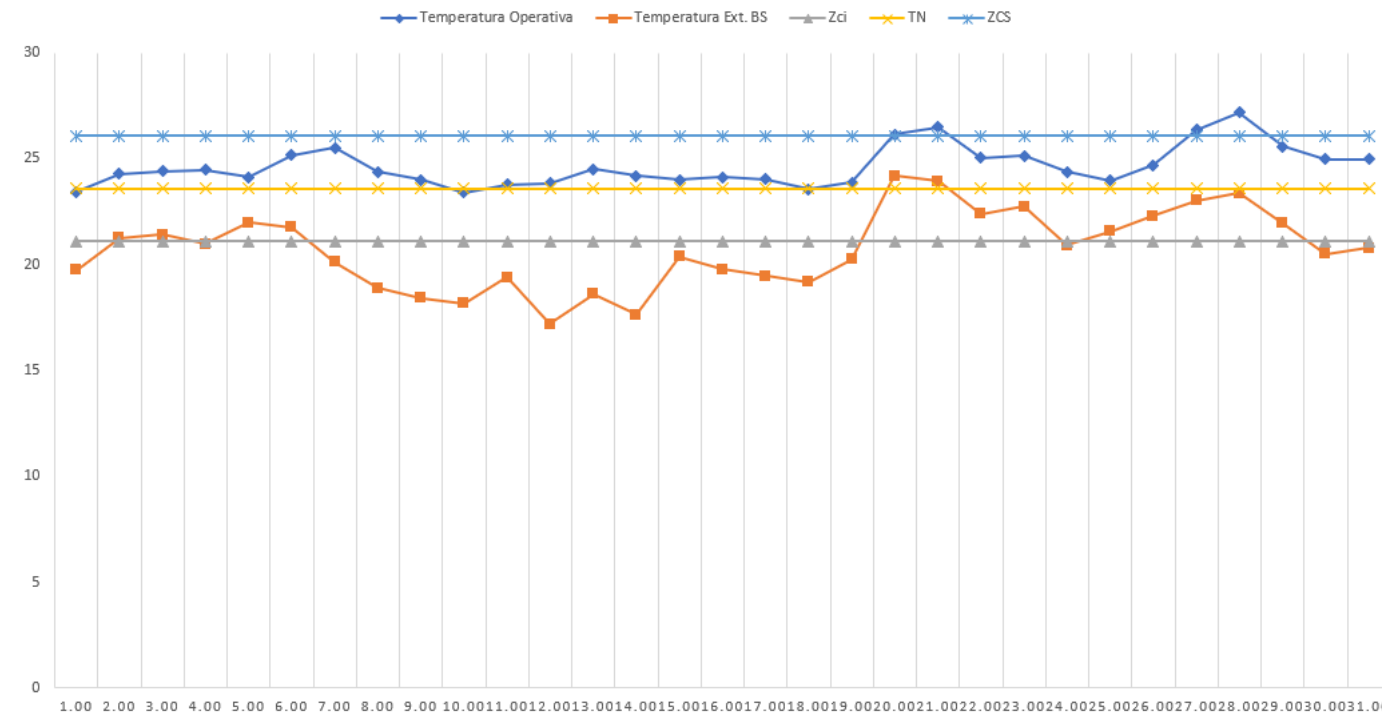
4.- **TN (Temperatura Neutra):** Representada por una línea amarilla con cruces, esta curva sigue de cerca a la temperatura operativa, ilustrando que las condiciones interiores están cerca de ser percibidas como térmicamente neutrales durante la mayor parte del año.

5.- **ZCS (Temperatura de Confort Superior):** Representada por una línea azul claro con asteriscos, esta curva se mantiene constantemente por encima de los 24 °C, indicando el límite superior del rango de confort térmico.

- La temperatura operativa (TO) se encuentra dentro del rango de confort térmico (entre Zci y ZCS) durante la mayor parte del año, aunque tiende a acercarse al límite superior en los meses de verano.
- La diferencia entre la temperatura operativa y la temperatura del aire exterior (TAE) mostro que el espacio interior está bien aislado, evitando pérdidas de calor manteniendo un ambiente más confortable a pesar de las temperaturas exteriores.

Este análisis indica que el espacio está generalmente dentro del rango de confort térmico, con una buena relación entre la temperatura operativa y la temperatura neutra, aunque se debe prestar atención a los meses más cálidos.

Análisis general grafica del mes más caluroso (mayo)



Grafica18. Mensual mes más caluroso (mayo) temperatura operativa

Temperatura Operativa (TO):

Representada por la línea azul con diamantes, la Temperatura Operativa fluctúa entre aproximadamente 23 °C y 26 °C a lo largo del mes de mayo.

Observamos un ligero aumento en la temperatura hacia la mitad del mes, alcanzando su punto máximo poco después del día 20, donde supera ligeramente los 26 °C.

Después de este pico, la temperatura operativa disminuye un poco, pero se mantiene en valores superiores a 24 °C.

Temperatura Exterior (Temperatura Ext. BS):

Representada por la línea naranja con cuadrados, la Temperatura Exterior es significativamente más baja que la operativa, oscilando entre los 18 °C y 22 °C.

A diferencia de la temperatura operativa, la temperatura exterior parece tener más variabilidad, con varios picos y valles a lo largo del mes.

Zonas de Confort (Zci y ZCS):

Zci (Zona de Confort Inferior): La línea gris con triángulos muestra que el límite inferior del confort está alrededor de los 20 °C.

ZCS (Zona de Confort Superior): La línea azul con asteriscos indica que el límite superior del confort está ligeramente por encima de los 26 °C.

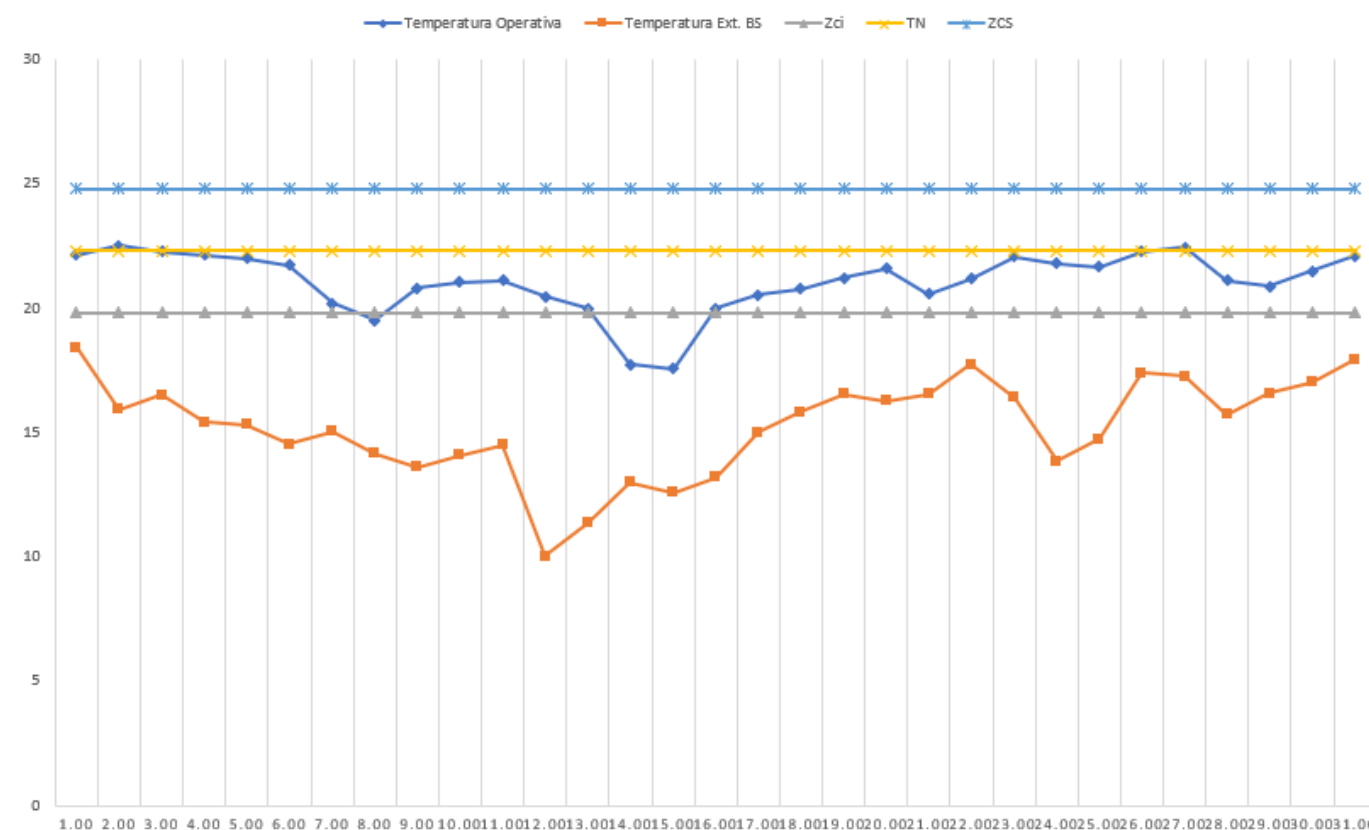
Durante todo el mes de mayo, la temperatura operativa se mantiene entre estos límites de confort, aunque tiende a acercarse más al límite superior, especialmente en los días más cálidos.

Temperatura Neutra (TN):

Representada por la línea amarilla con cruces, la Temperatura Neutra se mantiene bastante constante alrededor de los 24 °C.

La temperatura operativa sigue muy de cerca a la temperatura neutra, lo que indica que, en general, las condiciones térmicas son percibidas como confortables para la mayoría de las personas durante este mes.

Análisis general grafica del mes menos caluroso (enero)



Grafica 19. Mensual mes menos caluroso (enero) temperatura operativa

- **Zci (Gris):** Esta línea se mantiene constante alrededor de 20°C, representando un umbral mínimo de confort térmico.
- **TN (Amarillo):** Alrededor de 22°C, representa un nivel óptimo de confort térmico.
- **ZCS (Azul claro):** Se encuentra en un nivel superior, cercano a 24°C, indicando el límite superior del confort térmico.

Interpretación:

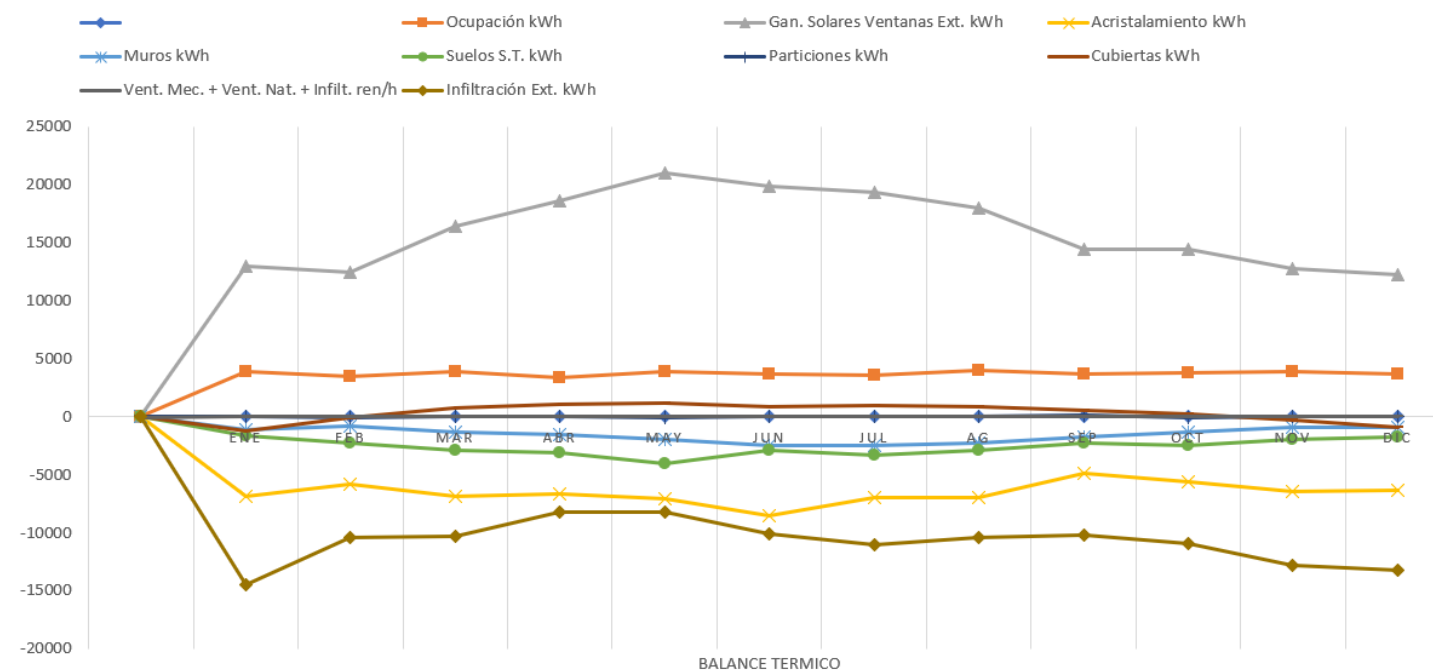
- Durante el mes de enero, la **temperatura operativa** se mantiene dentro de un rango que permite un ambiente confortable en comparación con los límites de confort térmico indicados por Zci y TN.
- La **temperatura exterior** fluctúa más que la operativa, pero no afecta la temperatura interna, lo que indica una buena calidad de la envolvente térmica.

En resumen, la gráfica representa que, a pesar de las variaciones en la temperatura exterior, el espacio mantiene un nivel de confort térmico adecuado durante el mes más frío del año.

- **Temperatura Operativa (Azul):** Oscila principalmente entre 19°C y 23°C. Muestra variaciones a lo largo del día, pero se mantiene relativamente estable, lo cual indica que el espacio se encuentra bien aislado.
- **Temperatura Exterior (Naranja):** Varía considerablemente, con valores que van desde 9°C hasta alrededor de 17°C. Esto refleja la fluctuación natural de la temperatura exterior durante el día, con caídas notables durante la noche o temprano en la mañana.
- **Líneas de referencia (Zci, TN, ZCS):**

Análisis general grafica balance térmico

La gráfica muestra el balance térmico en función de los diferentes componentes de la sala de espera, con las ganancias y pérdidas energéticas expresadas en kWh para cada mes. Cada línea representa una fuente específica de ganancia o pérdida de energía.



Gráfica 20. Balance térmico. Elaboración propia Microsoft Excel 365

Ganancias solares en ventanas exteriores (Gris):

- Es el componente más significativo en términos de ganancias energéticas, alcanzando un pico en los meses de verano (mayo a julio) con más de 20,000 kWh. Esto indica una alta carga térmica por radiación solar a través de las ventanas durante este periodo.

Infiltración exterior (Marrón oscuro):

- Muestra una pérdida considerable de energía a lo largo del año, con valores en el rango de -10,000 a -15,000 kWh. Esto refleja la gran influencia de la infiltración de aire en el balance térmico.

Acristalamiento (Amarillo):

- Representa otra fuente importante de pérdidas, aunque menor que la infiltración. Los valores oscilan entre -7,000 y -10,000 kWh, lo que sugiere que los acristalamientos tienen un factor bajo de aislamiento térmico.

Ocupación (Naranja):

- Tiene una contribución constante y positiva a lo largo del año, en torno a los 5,000 kWh mensuales. Esto refleja la carga térmica interna generada por los ocupantes y el equipo.

Cubiertas (Marrón claro):

- Indica pérdidas constantes, aunque no tan significativas como la infiltración, con un rango de -2,000 a -3,000 kWh.

Muros (Azul claro) y Particiones (Azul oscuro):

- Presentan pérdidas pequeñas, pero relativamente estables en comparación con otras categorías, rondando los -1,000 a -2,000 kWh mensuales.

Ventilación e infiltración (Negro):

- Mantiene una contribución prácticamente constante a lo largo del año, cercana a 0, con ligeras fluctuaciones, lo que podría indicar una correcta implementación de sistemas de ventilación mecánica y natural.

En conclusión, el análisis térmico del espacio evaluado mantiene un ambiente generalmente confortable a lo largo del año. La temperatura operativa (TO) se encuentra dentro del rango de confort térmico definido por los límites inferior (Zci) y superior (ZCS), aunque tiende a acercarse al límite superior en los meses más cálidos (abril, mayo y junio). Esto indica que, aunque el espacio está bien aislado y protege contra fluctuaciones exteriores, se debe prestar especial atención a los periodos de mayor calor para evitar que la temperatura operativa exceda los niveles de confort.

5.4 Normatividad

NOM-008-ENER-2011

Introducción

El proyecto arquitectónico de la Central de Autobuses de Tizayuca, Hidalgo busca ofrecer un espacio eficiente y funcional para el transporte público, atendiendo las necesidades de movilidad de la región. En este diseño, no solo se prioriza la comodidad y seguridad de los usuarios, sino también la eficiencia energética y el cumplimiento de normativas ambientales vigentes en México.

La **NOM-008-ENER-2011** establece los requisitos para la eficiencia energética de edificaciones no residenciales, con un enfoque específico en el **efecto de la envolvente térmica** sobre el consumo de energía para climatización, para tal efecto se empleó la siguiente herramienta.



fig. 67 herramienta de cálculo conuee

La metodología empleada para evaluación conforme a la **NOM-008-ENER-2011** se realizó a partir de los siguientes pasos:

1. Acceder a la herramienta de la CONUEE.
2. Recolección los datos del proyecto (ubicación, materiales, sistemas).

3. Ingreso de los parámetros del edificio.
4. Realiza los cálculos de aislamiento térmico.
5. Evalúa el cumplimiento de la NOM-008-ENER-2011.
6. Genera un reporte de resultados.
7. Optimiza el diseño, si es necesario.
8. Guarda la documentación final.

Con estos pasos se evaluó si la edificación cumple con los requisitos de eficiencia energética establecidos en la NOM

Área de análisis.

El área de análisis destinada a verificarse con la norma es la envolvente de la sala de espera, la cual es clave debido al tiempo prolongado de ocupación como podemos observar en la fig. 12123

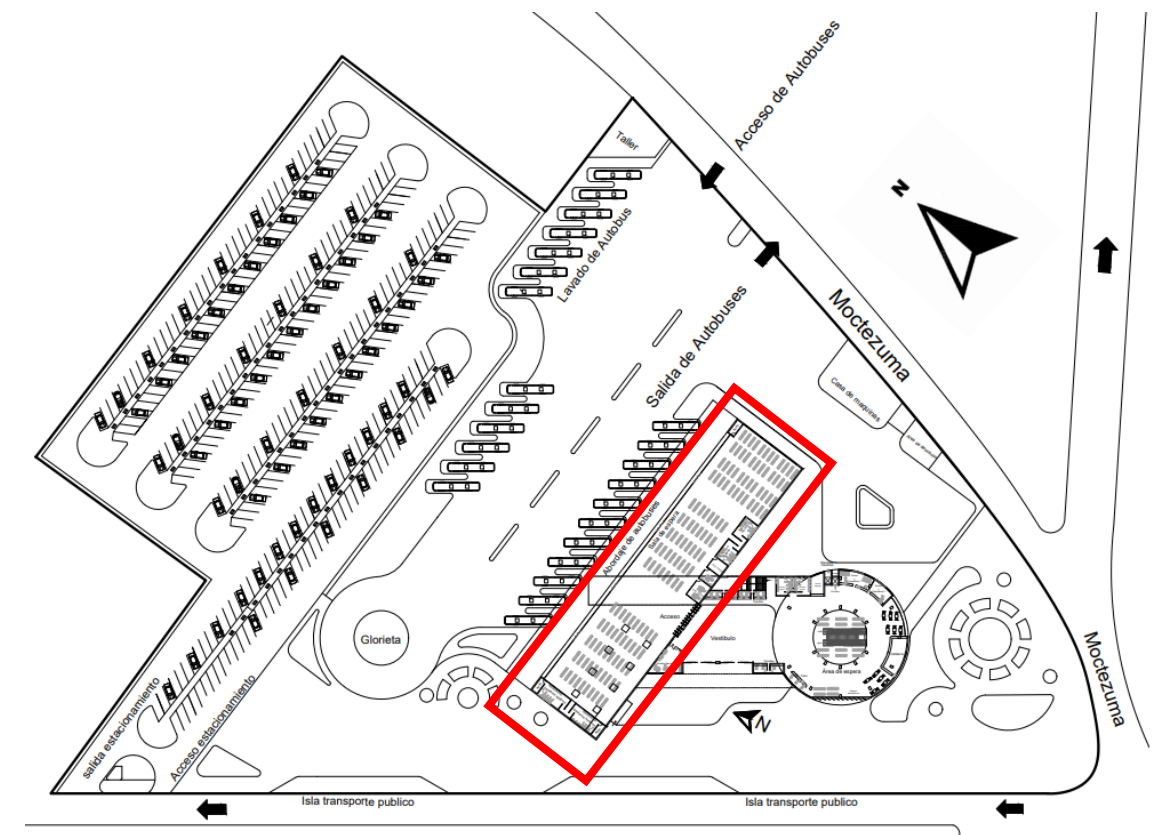
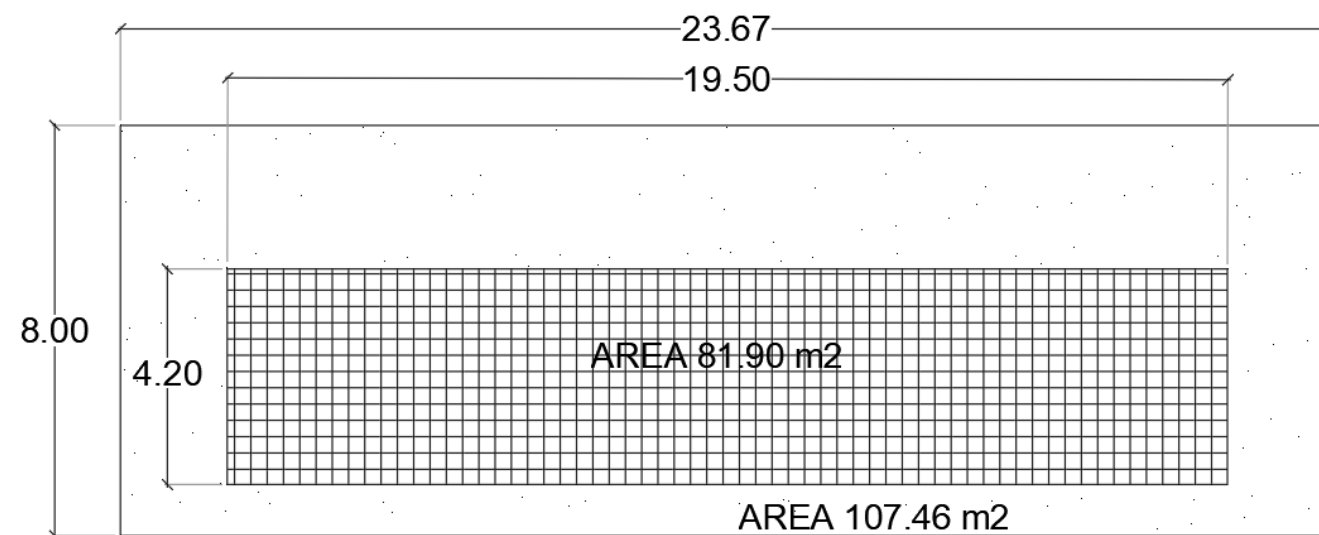


fig. 68 área de evaluación de la norma



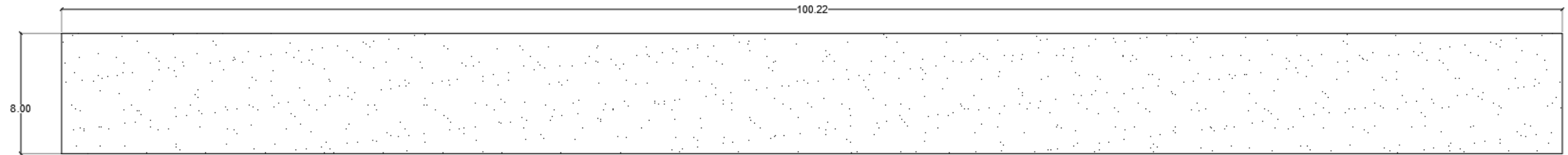
fig. 69 Ubicación de elementos de la envolvente



Muro 1

Area total 189.36 m2

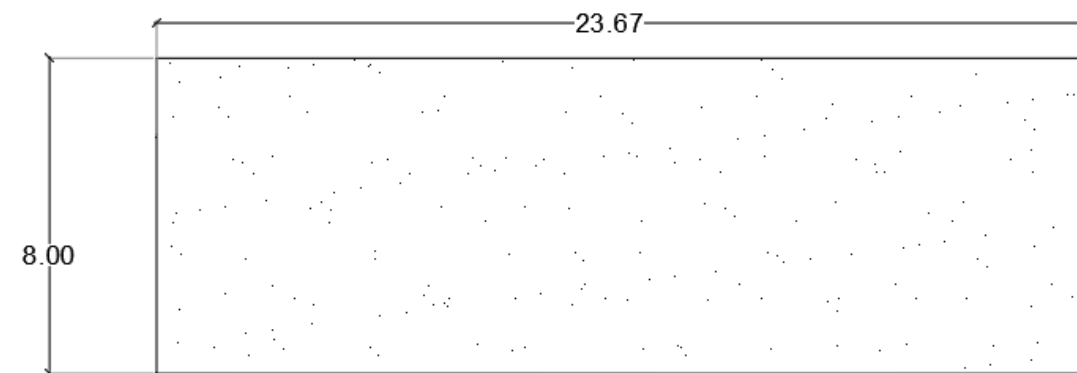
Ubicado al este se compone de
concreto celular aplanado
con estuco
vitro block



Ubicado al Sur

Muro 2 Area total 802.12 m²

Material: concreto celular aplanado con estuco

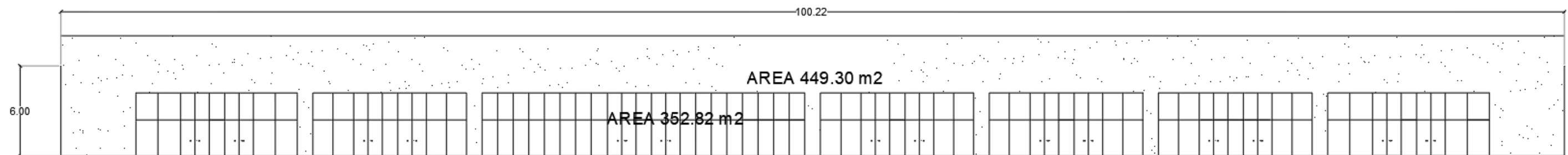


Muro 3

Area total 189.36 m²

Ubicado al Oeste

Se compone de
concreto celular aplanado
con estuco



Ubicado al Norte se compone de:

concreto celular aplanado con estuco

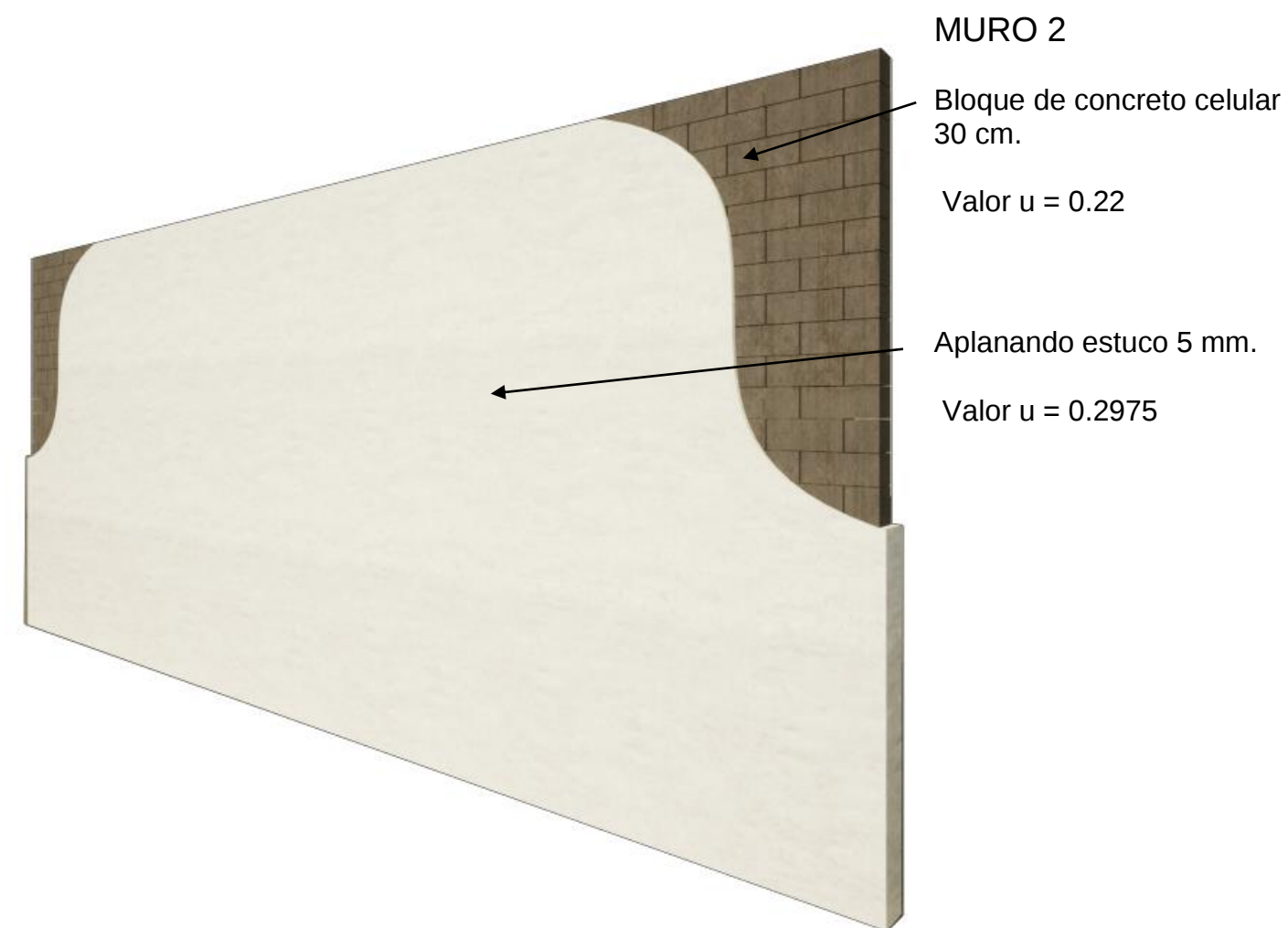
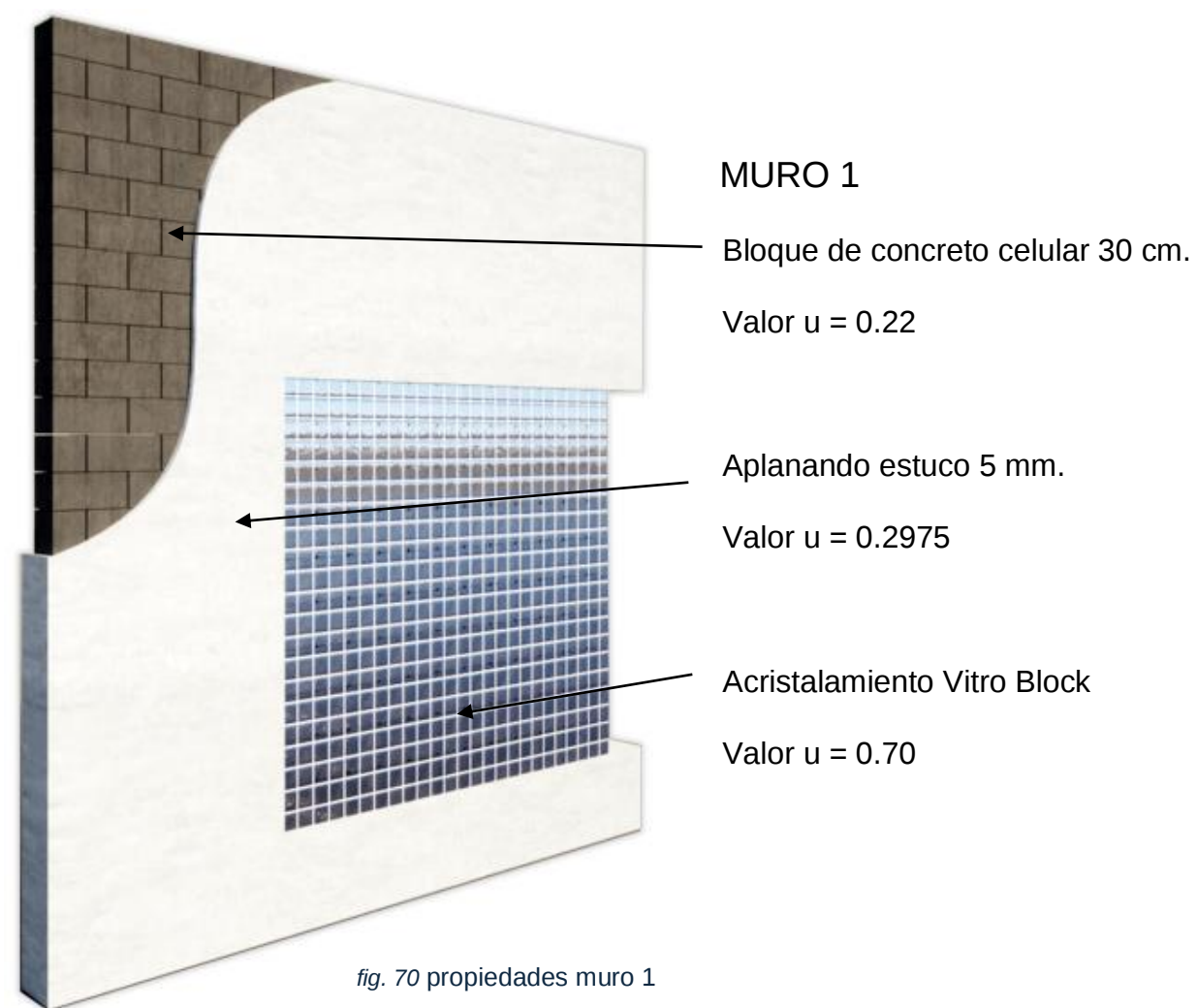
Cancelería 6 mm y puertas de cristal 9 mm

Muro 4 Area total 802.12 m²

Se recopilaron los datos necesarios, los cuales fueron ingresados en la herramienta de cálculo de la NOM-008-ENER-2001, empleando las dimensiones y el **valor U** de los elementos que componen la envolvente.

El valor **U** (también conocido como **coeficiente de transmitancia térmica**) es una medida que indica la capacidad de un material o elemento constructivo (como una pared, ventana o techo) para transmitir calor. En otras palabras, mide cuánta energía (calor) pasa a través de un material por unidad de tiempo y área, debido a una diferencia de temperatura entre los dos lados.

El valor U se expresa en unidades de **W/m²K** (vatios por metro cuadrado por grado Kelvin) y es inversamente proporcional al nivel de aislamiento térmico de un material. Un **valor U bajo** indica que el material es un buen aislante, mientras que un **valor U alto** sugiere que el material permite el paso del calor fácilmente y, por tanto, es un mal aislante.



MURO 3

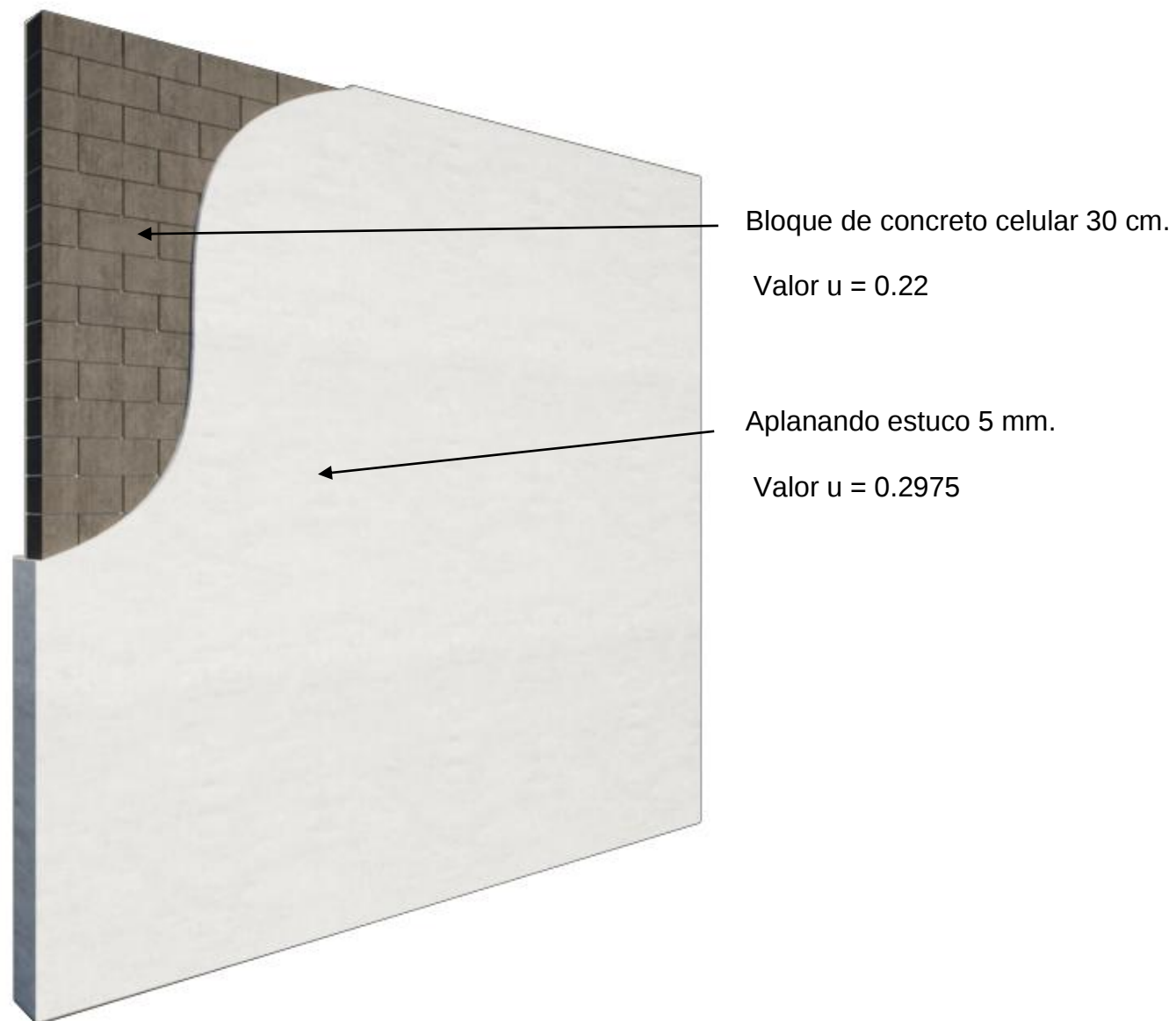
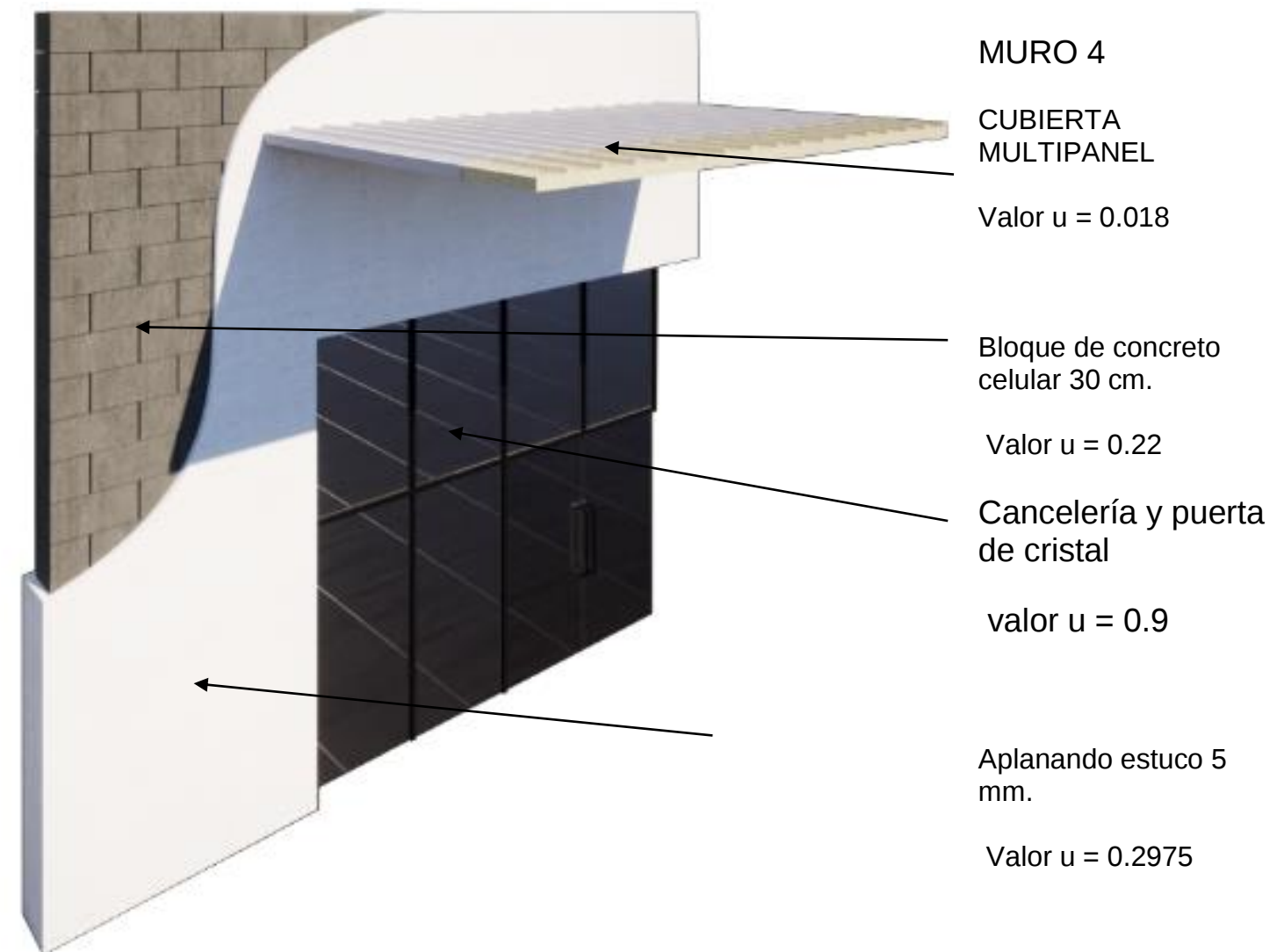


fig. 72 propiedades muro 3



Recopilando la información necesaria se ingresaron los parámetros del edificio y se realizaron los cálculos de aislamiento térmico en la tabla que podemos observar en la fig. 73

Muros	Techo/superficie inferior	Ventanas	Puertas
1 muro 1 área 189 m2 Masivo celular / estuco [Editar] [Borrar]	1 cubierta área 2359 m2 multipanel poliuretano ☒ Techo ☐ sup. inferior [Editar] [Borrar]	1 vitrobloc área 81.9 m2 colocada en: muro 1 vitro block [Editar] [Borrar]	1 cristal 9mm area 4.56 m2 Ligero colocada en: m4 puerta cristal [Editar] [Borrar]
2 m2 área 802 m2 Masivo celular / estuco [Editar] [Borrar]		2 canceleria área 352.82 m2 colocada en: m4 Claro 6mm [Editar] [Borrar]	2 p2 area 4.56 m2 Ligero colocada en: m4 puerta cristal [Editar] [Borrar]
3 m3 área 189 m2 Masivo celular / estuco [Editar] [Borrar]			3 p3 area 4.56 m2 Ligero colocada en: m4 puerta cristal [Editar] [Borrar]
4 m4 área 802 m2 Masivo			

Calcular [Icono de play]

fig. 73 Herramienta de calculo NOM-008-ENER-2001

La fig. 73, muestra la tabla de la herramienta de cálculo de la **NOM-008-ENER-2001**, que se relaciona con el análisis de la envolvente térmica de la sala de espera, A continuación, se explica cada sección de la tabla:

1. Muros:

Aquí se especifican las características de los muros del edificio, incluyendo el área en metros cuadrados (m^2) se evaluaron 4 muros con sus respectivas orientaciones (muro 1, m2, m3, m4), cada uno con su correspondiente área y descripción de materiales.

2. Techo/superficie inferior:

Esta sección se refiere a la cubierta o techo del edificio. la cubierta tiene un área de $2359 m^2$ y está hecha de "multipanel poliuretano".

3. Ventanas:

Se describen las ventanas con su tipo y área de dos tipos de ventanas:

- Vitrobloc con un área de $81.9 m^2$, colocada en el "muro 1".
- Cancelería de vidrio claro de 6mm con un área de $352.82 m^2$, colocada en el "muro 4".

4. Puertas:

En esta sección se detallan las puertas del edificio, especificando el tipo de puerta, el área (en m^2) y el tipo de cristal (en este caso, cristal de **9mm** y ligero).

Las puertas se ubican en el muro 4 y en total son 14, cubriendo un área de $63.84 m^2$

Botón de Cálculo:

Al final, se muestra un botón Calcular, con el cual se obtuvieron los siguientes resultados.



fig. 74 Herramienta de calculo NOM-008-ENER-2001- resultados de la envolvente

La fig. 74 muestra la tabla con los resultados del análisis térmico de la sala de espera de la central de autobuses de Tizayuca hidalgo y se explica a continuación:

1. Conducción y Radiación (W)

- Conducción (W): Representa la cantidad de calor que se transfiere a través de los materiales de la envolvente por conducción (es decir, por contacto directo entre los materiales).
- Radiación (W): Representa el calor transferido por radiación solar, que incide en los elementos de la envolvente, como las paredes y techos.

2. Edificio de referencia

- Este valor muestra los resultados que obtendría un edificio estándar o de referencia, que cumple con los mínimos requerimientos de la norma. Los resultados son:
 - Conducción: -37065.49 W
 - Radiación: 107981.24 W
 - Total: 70915.75 W

El valor total de 70915.75 W corresponde a la ganancia total de calor del edificio de referencia en vatios.

3. Edificio proyectado

- Aquí se muestran los resultados del edificio que está siendo evaluado o proyectado, con las características de diseño ingresadas (muros, techos, ventanas, puertas). Los resultados son:
 - Conducción: -12702.59 W
 - Radiación: 35987.64 W
 - Total: 23285.05 W

El valor total de 23285.05 W indica la ganancia total de calor de la sala de espera, que es mucho menor que la del edificio de referencia.

4. Cumple con la norma

- marcada la casilla de Sí, lo que indica que el diseño cumple con la normativa.

5. Porcentaje de cumplimiento (67.2%)

- El valor 67.2% indica el porcentaje de reducción en la ganancia total de calor en comparación con el edificio de referencia.

En resumen, el edificio proyectado tiene un desempeño térmico superior al edificio de referencia, logrando una reducción significativa en la ganancia de calor (67.2%) y cumpliendo con los requisitos de la norma.

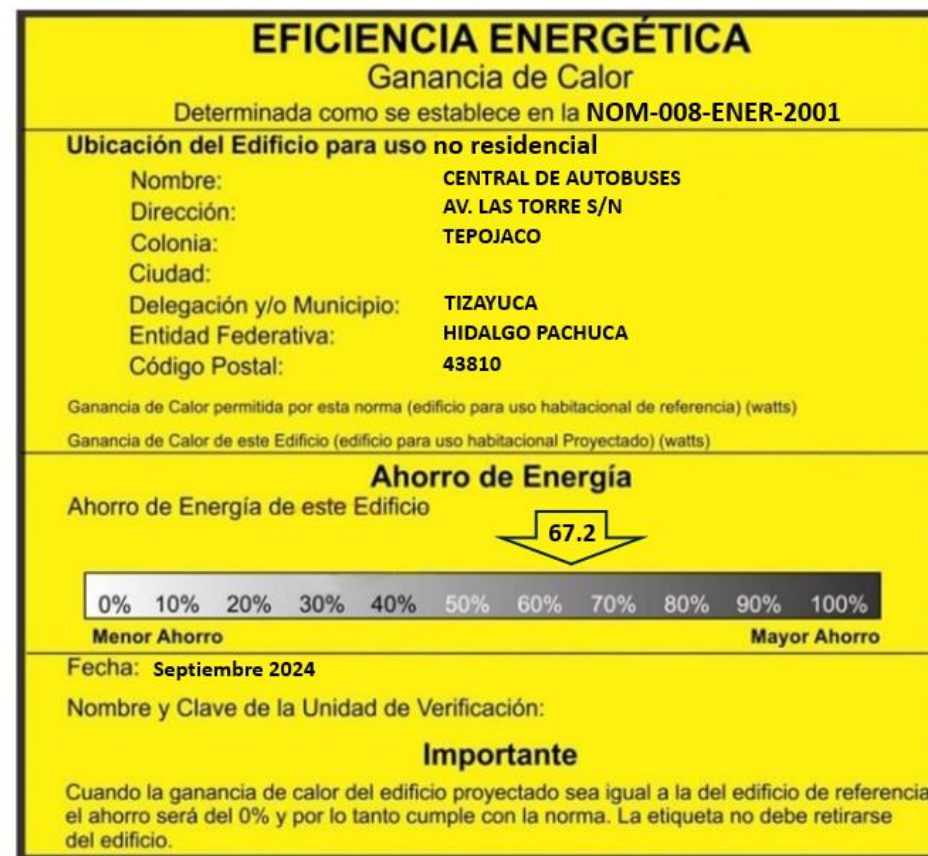


Ilustración 87. Etiqueta de eficiencia energética.
Fuente: (Low Carbon & GIZ, 2015)

fig. 75 Etiqueta de eficiencia energética

La fig. 75, muestra la etiqueta de eficiencia energética que proporciona información sobre la **ganancia de calor** y el **ahorro de energía** en un edificio no residencial, en este caso la **central de autobuses** ubicada en **Tizayuca, Hidalgo**.

Explicación de la etiqueta:

1. Ubicación del edificio:

- **Nombre:** Central de Autobuses.
- **Dirección:** Av. Las Torres s/n, Tepojaco, Tizayuca, Hidalgo.
- **Código postal:** 43810.

2. Ganancia de calor:

- El propósito principal de la etiqueta es indicar la **ganancia de calor permitida** según la norma y la **ganancia de calor medida** en el edificio proyectado

3. Ahorro de energía:

- El ahorro energético del edificio proyectado es del **67.2%**, lo que significa que, comparado con un edificio de referencia (uno que apenas cumple con los mínimos de la norma), el edificio proyectado es significativamente más eficiente.

4. Cumplimiento de la norma:

- La etiqueta indica que el edificio cumple con la normativa vigente, lo que garantiza que la envolvente del edificio ha sido diseñada para limitar adecuadamente la ganancia de calor y, por lo tanto, optimizar el consumo energético para mantener la temperatura interior.

CONCLUSIONES

La evaluación térmica realizada bajo la **NOM-008-ENER-2001** muestra que la sala de espera tiene un rendimiento energético superior en comparación con el edificio de referencia. Con una reducción del **67.2% en la ganancia total de calor**, el diseño propuesto demuestra una notable capacidad para minimizar las pérdidas de energía por conducción y la ganancia de calor por radiación, lo que se traduce en una mayor eficiencia térmica.

Este resultado indica que el edificio proyectado no solo cumple con los estándares de la norma, sino que también está optimizado para reducir la demanda de climatización, lo cual puede contribuir a una disminución en el consumo energético y en los costos operativos. El cumplimiento de la norma y la mejora del diseño subrayan la importancia de seleccionar materiales adecuados y de optimizar la envolvente del edificio para crear construcciones más sostenibles y eficientes energéticamente.

5.5 ANALISIS LUMINICO

Introducción

El confort lumínico se define como la calidad de la iluminación en un espacio que asegura que las condiciones visuales sean agradables y adecuadas para las personas que lo ocupan. Este concepto abarca aspectos como la iluminación suficiente para realizar tareas visuales con eficacia, la reducción del deslumbramiento y el contraste adecuado para evitar la fatiga ocular. En un proyecto arquitectónico, como una central de autobuses, el confort lumínico es crucial para garantizar que tanto los usuarios como el personal puedan moverse, trabajar y esperar de manera segura y cómoda. Además, contribuye a una experiencia positiva al crear un entorno visualmente agradable y funcional.

Importancia del Confort Lumínico en Central de Autobuses

1. Seguridad y Visibilidad:

- **En la Terminal:** Una iluminación adecuada es crucial para garantizar la seguridad de los pasajeros, conductores y personal. La visibilidad clara reduce el riesgo de accidentes, facilita la identificación de rutas y estaciones, y asegura que el entorno sea seguro tanto de día como de noche.

2. Comodidad del Usuario:

- **Experiencia del Pasajero:** La iluminación debe ser confortable para los usuarios, evitando el deslumbramiento y creando un ambiente acogedor. Esto puede mejorar la percepción del espacio y la satisfacción general del usuario.
- **Espacios de Espera:** Las áreas de espera, como salas de espera y zonas de descanso, deben contar con una iluminación que promueva la comodidad y reduzca el estrés, haciendo que la espera sea más placentera.

3. Eficiencia Energética:

- **Sostenibilidad:** El uso de tecnologías de iluminación eficientes, como LED, puede reducir el consumo energético y los costos operativos. Esto es particularmente relevante en proyectos de gran escala como una central de autobuses.

- **Control de Luz Natural:** Aprovechar la luz natural mediante el diseño arquitectónico puede reducir la necesidad de iluminación artificial y mejorar la sostenibilidad del proyecto.

El área destinada para ser analizada es la sala de espera de la central de autobuses para la cual se realizó la siguiente tabla comparativa entre normativas.

Normativa	Recomendación de Iluminación (Lux)	Descripción
CIE (Comisión Internacional de Iluminación)	100-200 lux	La CIE recomienda niveles de iluminación para áreas de espera en espacios públicos. El rango específico puede variar dependiendo del diseño y el uso del espacio.
Normas Internacionales (ISO 8995-1:2002)	150 lux	La norma ISO 8995-1 especifica niveles de iluminación para áreas de espera en edificios públicos, sugiriendo 150 lux como un nivel adecuado para asegurar confort visual.
Normas Nacionales (NOM-025-STPS-2008, México)	100 lux	En México, la NOM-025-STPS-2008 establece requerimientos mínimos para la iluminación en áreas de trabajo y espacios públicos, recomendando 100 lux para áreas de espera y recepción.

Tabla 5. Comparativa de normativas de iluminación elaboración propia.

CIE (Comisión Internacional de Iluminación): La CIE proporciona directrices generales sobre niveles de iluminación recomendados para diferentes tipos de espacios. La recomendación de 100-200 lux para salas de espera busca asegurar que el área sea suficientemente iluminada para proporcionar una buena visibilidad y comodidad a los usuarios.

Normas Internacionales (ISO 8995-1:2002): La norma ISO 8995-1 establece que un nivel de 150 lux es adecuado para áreas de espera, proporcionando un equilibrio entre visibilidad y confort visual.

Normas Nacionales (NOM-025-STPS-2008, México): En México, la normativa nacional especifica un nivel mínimo de 100 lux para áreas de espera y recepción.

5.5.1 Análisis de Luz natural (Dynamic Daylighting) Andrew Marsh

Un estudio de luz natural es un análisis enfocado en garantizar que los niveles de iluminación natural dentro de un espacio arquitectónico sean adecuados para el bienestar visual y el confort de los usuarios.

Este estudio se centra en evaluar la cantidad, calidad y distribución de la luz natural, de manera que cumpla con los requisitos de confort visual y la normativa aplicada a espacios públicos.

Aprovechar la luz natural en el diseño arquitectónico es crucial para minimizar el uso de iluminación artificial. Su importancia radica en los siguientes puntos:

1. Ahorro energético

- Reducir la dependencia de la iluminación artificial disminuye significativamente el consumo de electricidad. Esto se traduce en menores costos operativos para el edificio y en una menor demanda energética.

2. Sostenibilidad ambiental

- Al disminuir el uso de energía eléctrica, se reduce la emisión de gases de efecto invernadero asociados a la generación de energía. Esto apoya las políticas de mitigación del cambio climático y promueve un desarrollo arquitectónico más sostenible, reduciendo la huella de carbono.

Estudio de luz natural

El estudio de luz natural se realizó mediante la herramienta desarrollada por Andrew Marsh, específicamente la aplicación **Dynamic Daylighting** (<http://andrewmarsh.com/software/daylight/>) siguiendo los siguientes pasos:

1. Configuración del modelo del edificio

- Se definió el área de estudio (sala de espera) priorizando el periodo prolongado de ocupación por parte de los usuarios modelando la geometría y ubicando acristalamiento y sombreamiento.
- **Orientación:** se especificó la orientación del edificio ubicando el norte de acuerdo a nuestro proyecto logrando el ajuste del modelo a la posición del sol.

2. Ubicación y fecha

- Se aplicaron las condiciones climatológicas mediante el archivo epw correspondiente a la ubicación del proyecto.
- Se definieron fechas y horas importantes para realizar el análisis, evaluando la incidencia de la luz en distintas épocas del año (solsticios, equinoccios) y en horario de 8:00, 12:00 y 16:00 hrs.

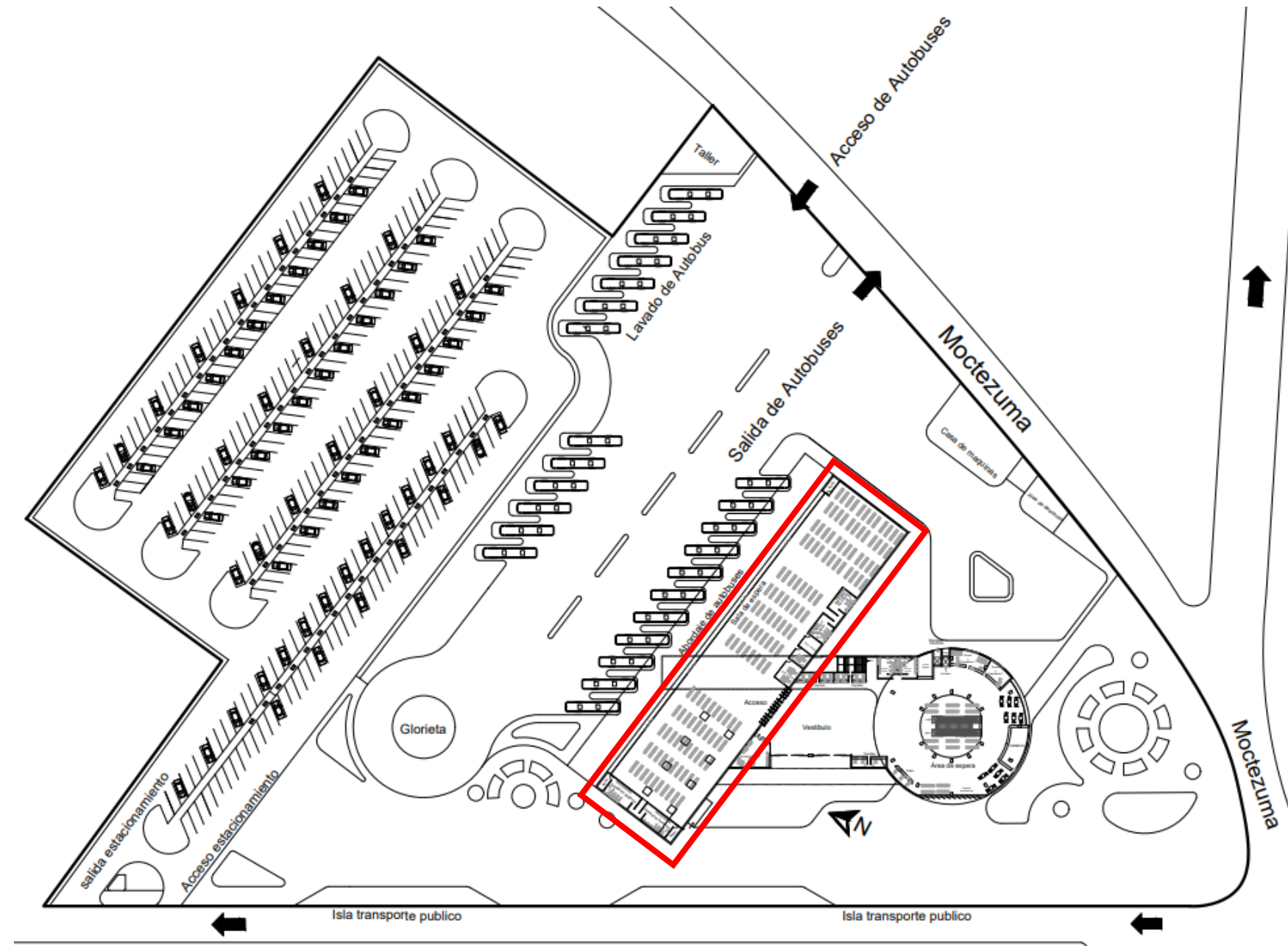
3. Definición de materiales y características de la envolvente.

- **Transmisión de luz:** Especifica las propiedades de las superficies del espacio, como las ventanas, muros, y cubierta.
- **Factores de sombreado:** ubicación de elementos de sombreado

4. Parámetros del estudio

- Se analizó la distribución de luz natural en el área
Visualización de resultados: se graficó mediante un mapa de luz natural en escala de colores la cantidad de lux incidentes en la zona.

Área de análisis (Sala de espera).



En el recuadro rojo observamos el área de estudio la cual corresponde a la sala de espera que tiene una extensión de 2360 m² la cual en su fachada principal se orienta al norte.

fig. 76 Área de Estudio "Central de autobuses Tizayuca" Planta arquitectónica.

Solsticio de verano

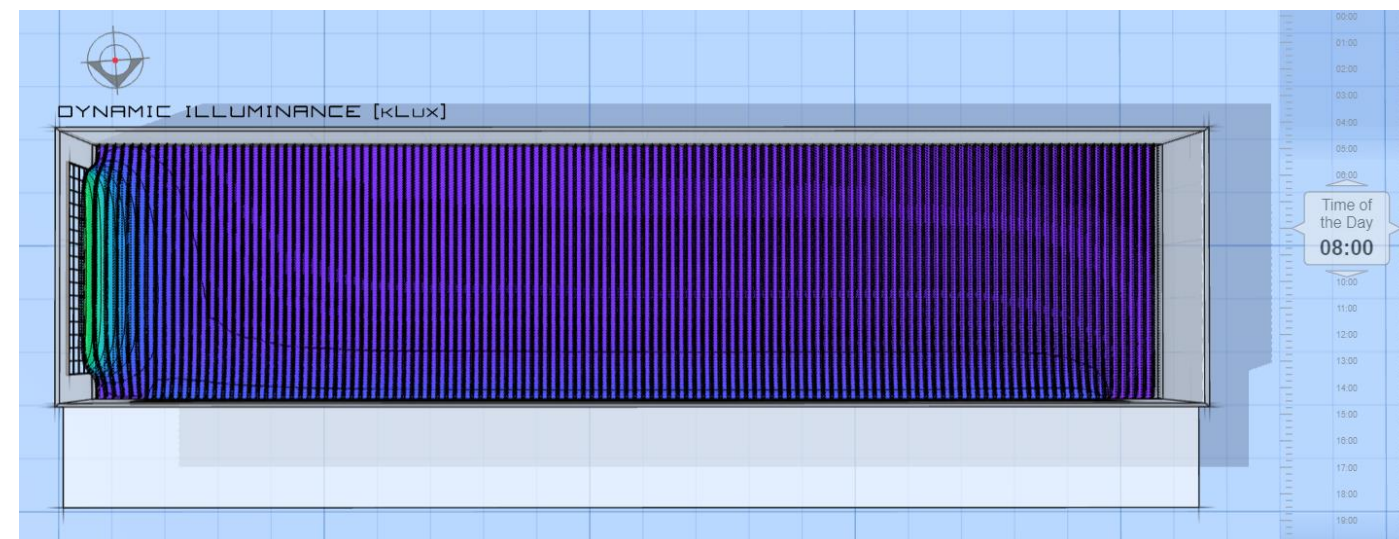


fig. 77 mediciones lux

Solsticio de verano 8:00 am lectura mínima: 70 lux media: 280 lux máxima: 2780 lux

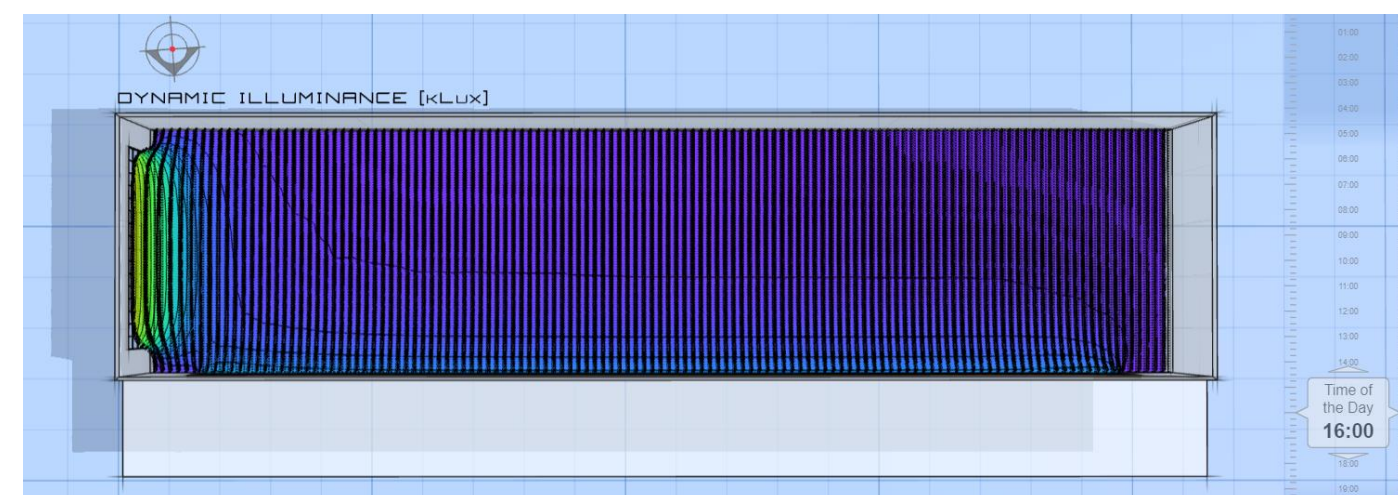


fig. 79 mediciones lux

Solsticio de verano 16:00 pm lectura mínima: 130 lux media: 460 lux máxima: 4340 lux

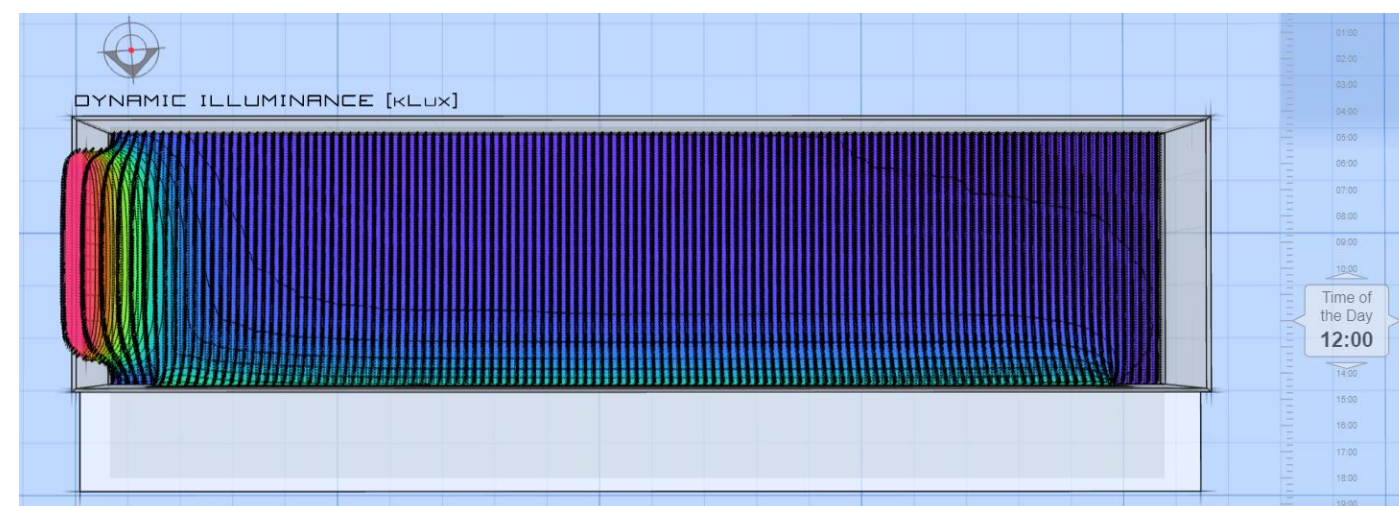


fig. 78 mediciones lux

Solsticio de verano 12:00 pm lectura mínima: 230 lux media: 800 lux máxima: 8570 lux

Distribución de la luz a lo largo del día:

- En las primeras horas de la mañana (8:00 am), los niveles de iluminación son más bajos, con un valor mínimo de **70 lux** y un máximo de **2780 lux**, lo que indica una entrada limitada de luz natural.
- Al mediodía (12:00 pm), se observa un incremento significativo de la luz, alcanzando un valor máximo de **8570 lux**. La distribución es más homogénea en comparación con la mañana, lo que sugiere una mayor entrada de luz natural directa.
- Por la tarde (16:00 pm), los niveles de luz vuelven a descender, con un valor mínimo de **130 lux** y un máximo de **4340 lux**. Aun así, el espacio recibe una iluminación considerable debido a la posición del sol.

En las primeras y últimas horas del día, es necesario complementar con iluminación artificial para garantizar un nivel adecuado de confort visual, especialmente en áreas alejadas de los acristalamientos. Como podemos observar en las fig. 77,78 y 79.

Equinoccio de primavera

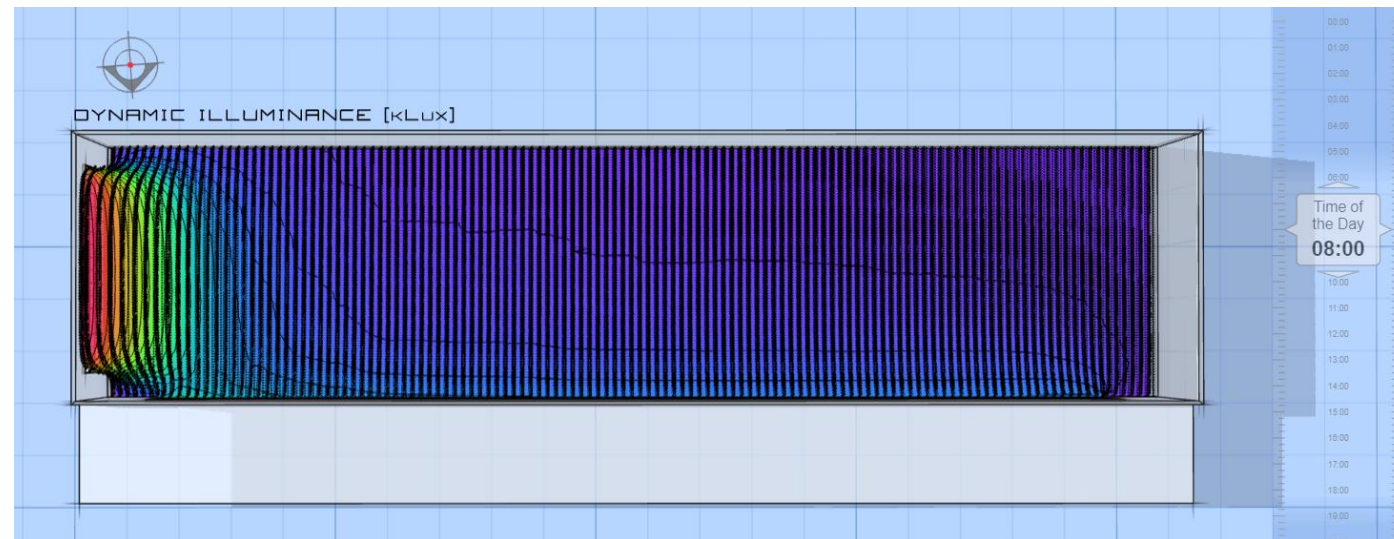


fig. 80 mediciones lux

Equinoccio de primavera 8:00 pm lectura mínima: 120 lux media: 730 lux máxima: 6230 lux

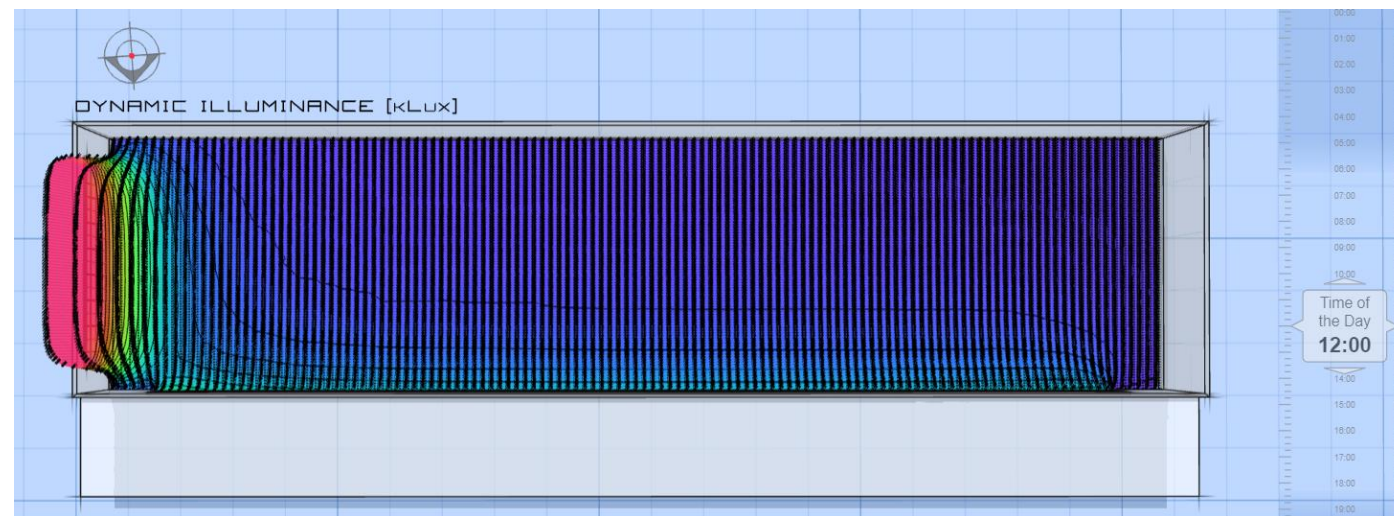


fig. 81 mediciones lux

Equinoccio de primavera 12:00 pm lectura mínima: 290 lux media: 850 lux máxima: 11030 lux

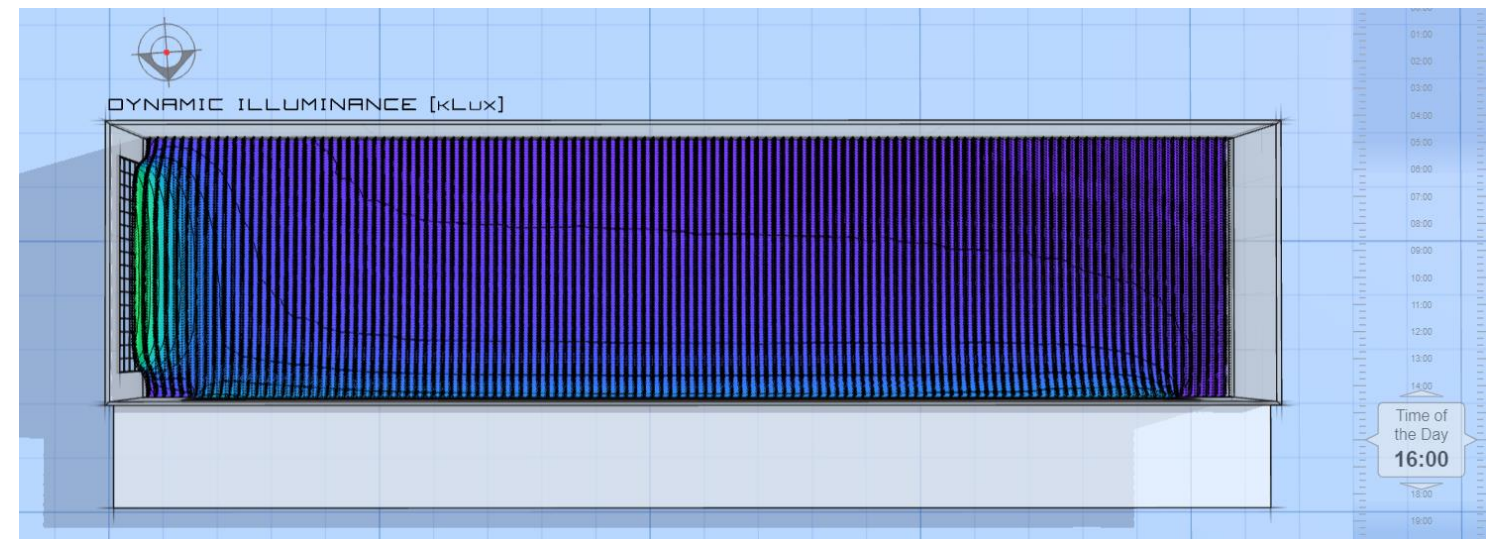


fig. 82 mediciones lux

Equinoccio de primavera 16:00 pm lectura mínima: 140 lux media: 520 lux máxima: 2780 lux

Distribución de la luz a lo largo del día:

- En la mañana (8:00 am), se observa una iluminación con un valor mínimo de **120 lux** y un máximo de **6230 lux**, indicando una entrada importante de luz natural que va incrementándose progresivamente.
- Al mediodía (12:00 pm), se alcanza el máximo nivel de luz de todo el día, con un valor máximo de **11030 lux** y una lectura mínima de **290 lux**. Este momento del día presenta una distribución más homogénea de la luz, con una incidencia directa significativa en el espacio.
- En la tarde (16:00 pm), la intensidad de la luz natural disminuye, con un valor mínimo de **140 lux** y un máximo de **2780 lux**, lo que indica que el sol ha comenzado a desplazarse hacia el horizonte, reduciendo la cantidad de luz directa.

Por la tarde, aunque la luz desciende en intensidad, sigue siendo suficiente para iluminar el espacio sin necesidad de apoyo artificial, salvo en áreas específicas donde la luz natural no llega con suficiente intensidad como se observa las fig. 84, 85 y 86.

Solsticio de invierno

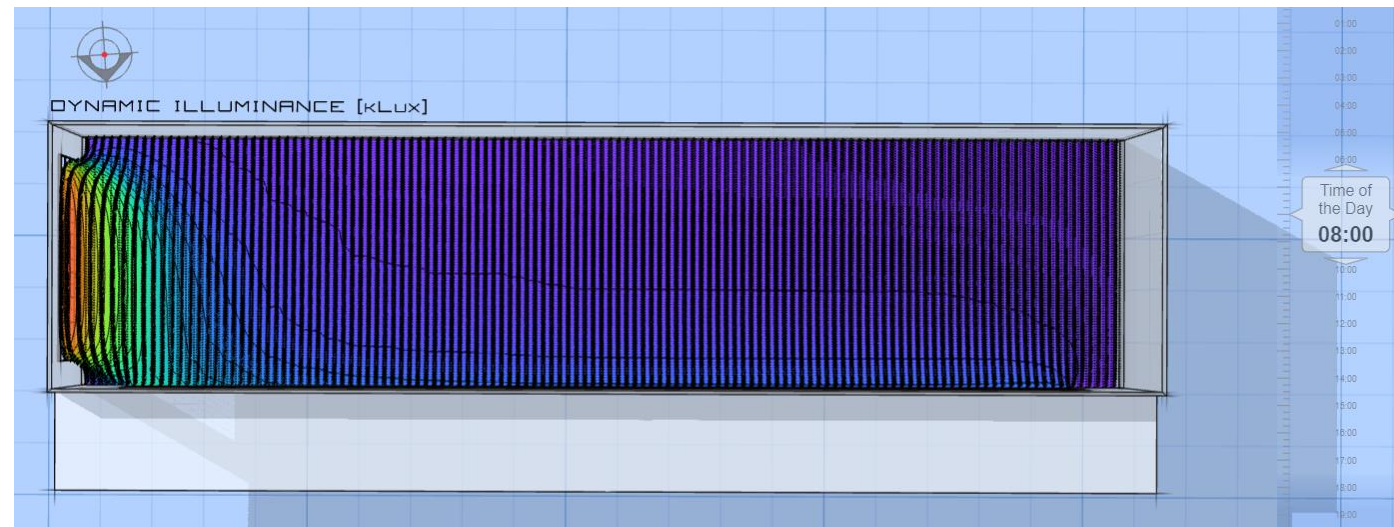


fig. 83 mediciones lux

Solsticio de invierno 8:00 am lectura mínima: 110 lux media: 600 lux máxima: 5470 lux

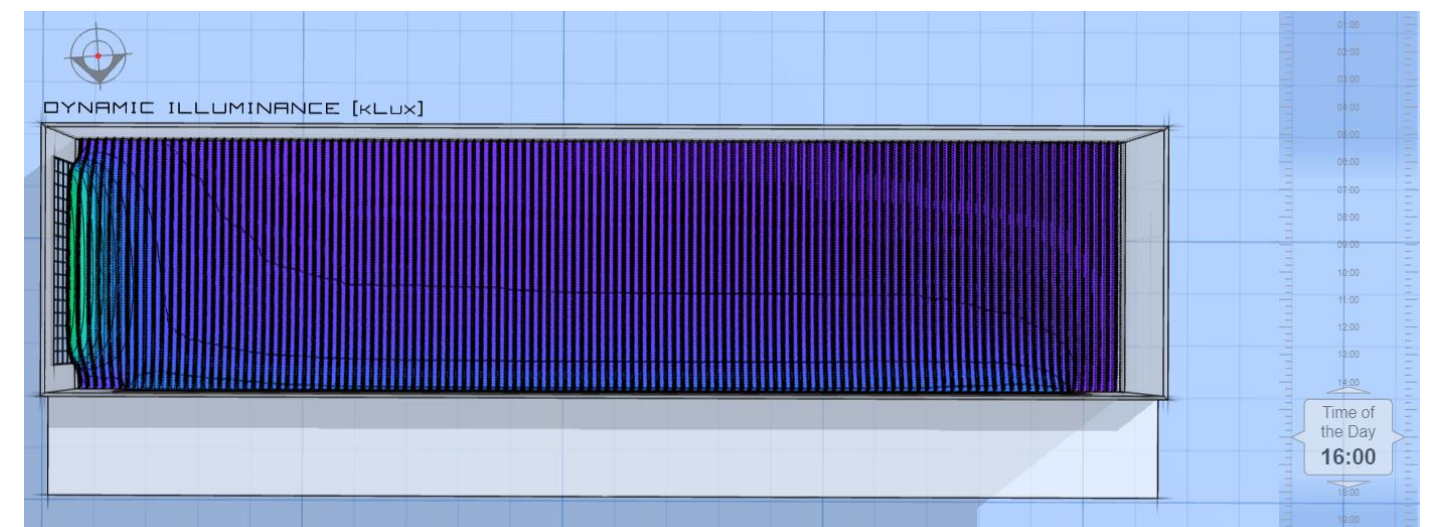


fig. 85 mediciones lux

Solsticio de invierno 16:00 pm lectura mínima: 110 lux media: 400 lux máxima: 2520 lux

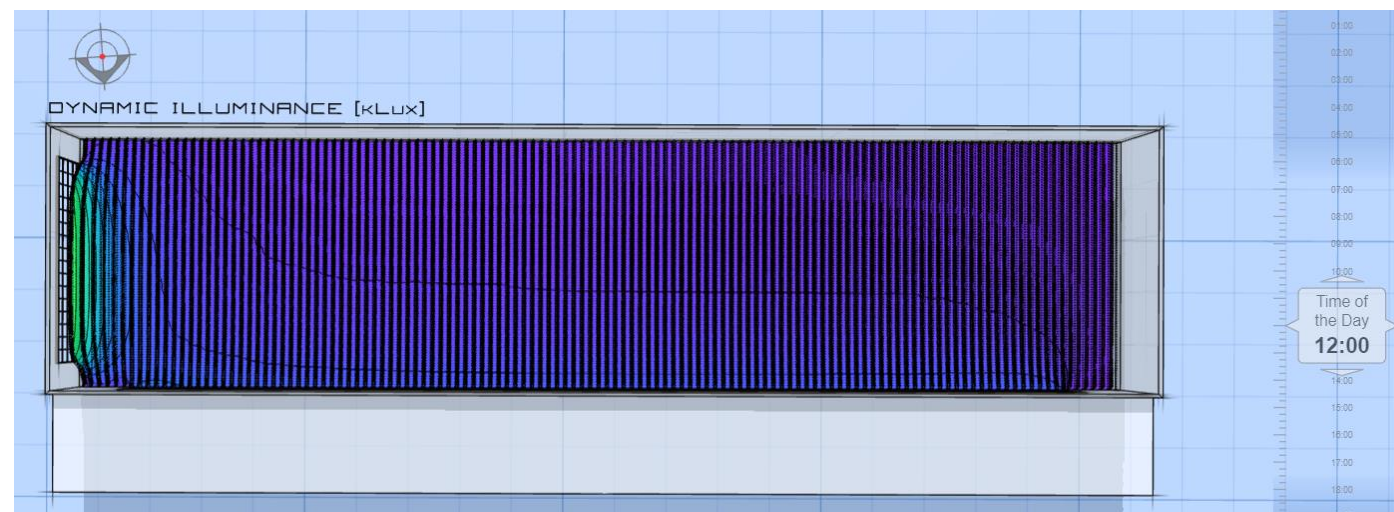


fig. 84 mediciones lux

Solsticio de invierno 12:00 pm lectura mínima: 80 lux media: 370 lux máxima: 2880 lux

Distribución de la luz en invierno:

- En la mañana (8:00 am), la iluminación muestra valores mínimos de **110 lux** y un máximo de **5470 lux**, con una distribución bastante homogénea, aunque con una intensidad menor en comparación con el equinoccio de primavera. Esto se debe a la menor altura del sol en invierno, lo que provoca menos incidencia directa de luz.
- Al mediodía (12:00 pm), el valor máximo es de **2880 lux** y la lectura mínima baja a **80 lux**, lo que demuestra que en esta época del año la luz es menos intensa a pesar de estar en la hora central del día. Esta diferencia es crítica y sugiere la necesidad de iluminación artificial o un diseño que maximice la captación de luz natural.
- En la tarde (16:00 pm), los valores vuelven a bajar, con un mínimo de **110 lux** y un máximo de **2520 lux**, reflejando el comportamiento típico de los meses invernales, donde la luz solar es más débil al final del día.

Durante el solsticio de invierno, la luz natural es considerablemente más tenue y escasa, lo que implica la necesidad de adaptar de complementar los requerimientos de lux con iluminación artificial, como se observa en las fig. 83,84 y 85.

CONCLUSIONES

La distribución de la luz natural varía significativamente a lo largo del día y según la época del año.

Durante las primeras horas de la mañana, la entrada de luz es limitada y los niveles de iluminación son más bajos, lo que requiere, en muchos casos, el apoyo de iluminación artificial para garantizar el confort visual. Al mediodía, tanto en primavera como en invierno, se alcanzan los niveles máximos de luz, con una distribución más homogénea, aunque en invierno estos niveles son considerablemente más bajos debido a la posición del sol. En la tarde, la intensidad de la luz disminuye gradualmente, pero sigue siendo suficiente para iluminar el espacio en la mayoría de los casos, salvo en áreas más alejadas de las fuentes de luz natural.

En invierno, la luz es más tenue durante todo el día, lo que incrementa la necesidad de un diseño que maximice la captación de luz natural o de sistemas de iluminación artificial que complementen los niveles de lux requeridos para cada actividad.

5.5.2 Análisis de iluminación Dialux Evo

El estudio de iluminación se realizó utilizando el software DIALux Evo, que permite analizar la eficiencia de distintos dispositivos de iluminación de diversas marcas en la zona de espera de usuarios. Para llevar a cabo el análisis, se importó el plano de la sala de espera, lo que permitió proceder con el modelado en DIALux. Se definieron la ubicación geográfica, la orientación, el mobiliario y los materiales de acuerdo con el proyecto.

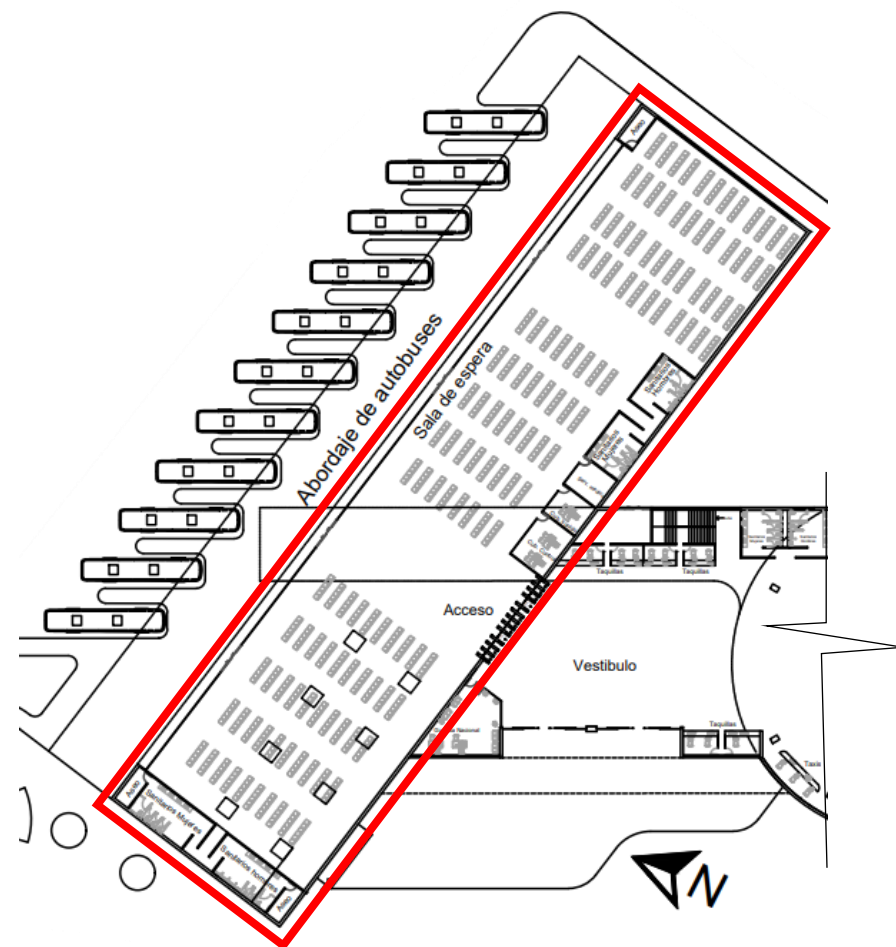


fig. 86 área de análisis

En el recuadro se ubica la sala de espera cual se empleó para el estudio de iluminación natural y artificial.

Requerimientos de espacio de acuerdo a las normas de iluminación

La cantidad de lux requerida para el área de estudio regulada por varias normas internacionales y nacionales. Algunas de las más reconocidas son:

1. **Norma Europea EN 12464-1:2011** (Iluminación de los lugares de trabajo - Parte 1: Lugares de trabajo en interiores):
2. **Norma ISO 8995-1:2002** (Iluminación de los lugares de trabajo - Parte 1: Interior):
3. **Norma ANSI/IES RP-1-20** (Práctica recomendada de iluminación para oficinas - Estados Unidos):
4. **Norma Mexicana NOM-025-STPS-2008** (Condiciones de iluminación en los centros de trabajo - México):

Cada una de estas normas tiene tablas específicas que detallan los niveles de iluminación recomendados en lux para distintos tipos de espacios y actividades.

La cantidad de iluminación requerida para sala de espera es de 100 a 200 lux de acuerdo a las normas anteriores.

Para iluminación artificial se dispuso la distribución de luminarias en la sala de espera obteniendo los 200 lux requeridos.

Análisis Luz natural

Se realizó el análisis de iluminación natural tomando en cuenta fechas clave, como el solsticio de invierno, el equinoccio de primavera y el solsticio de verano, para su aplicación en este caso.

Equinoccio de Primavera

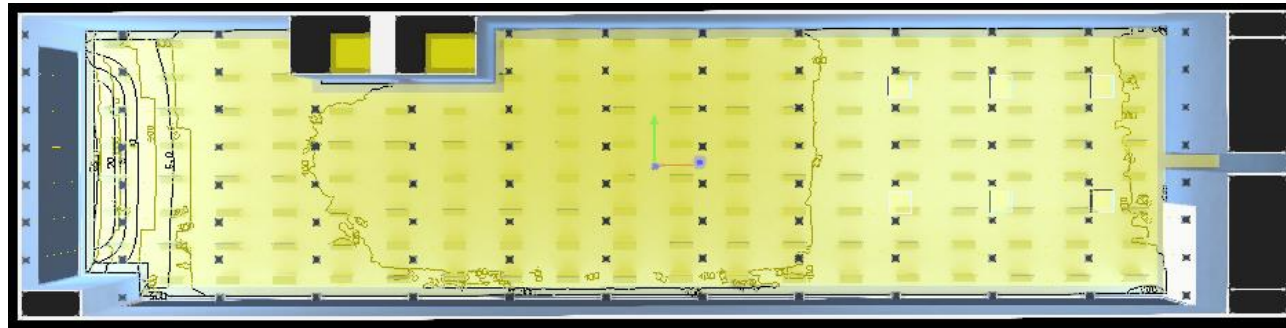


fig. 87 dialux iluminación natural

Iluminación natural fecha: 21 marzo 8:00 hrs. Imagen realizada en Dialux Evo.

En el análisis correspondiente al 21 de marzo a las 8:00 hrs. se obtuvieron los siguientes datos lumínicos en lux como se ilustra en la fig. 87.

Lectura mínima: 35 lux

Lectura media: 172 lux

Lectura máxima: 1990 lux

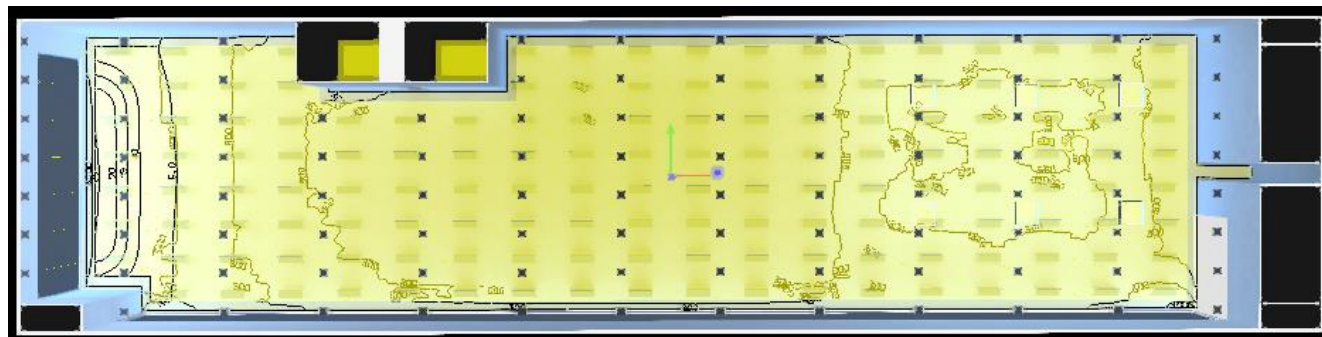


fig. 88 dialux iluminación natural

Iluminación natural fecha: 21 marzo 12:00 hrs. Imagen realizada en Dialux Evo.

En el análisis correspondiente al 21 de marzo a las 12:00 hrs. se obtuvieron los siguientes datos lumínicos en lux como se ilustra en la fig. 88.

Lectura mínima: 98.8 lux

Lectura media: 487 lux

Lectura máxima: 5625 lux

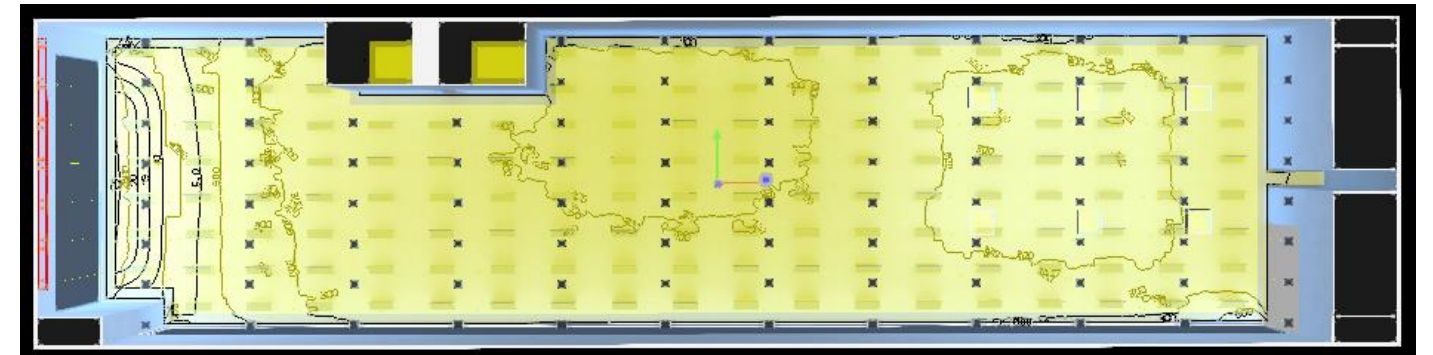


fig. 89 dialux iluminación natural

Iluminación natural fecha: 21 marzo 16:00 hrs. Imagen realizada en Dialux Evo.

En el análisis correspondiente al 21 de marzo a las 16:00 hrs. se obtuvieron los siguientes datos lumínicos en lux como se ilustra en la fig. 89.

Lectura mínima: 65.6 lux

Lectura media: 324 lux

Lectura máxima: 3734 lux

Solsticio de verano

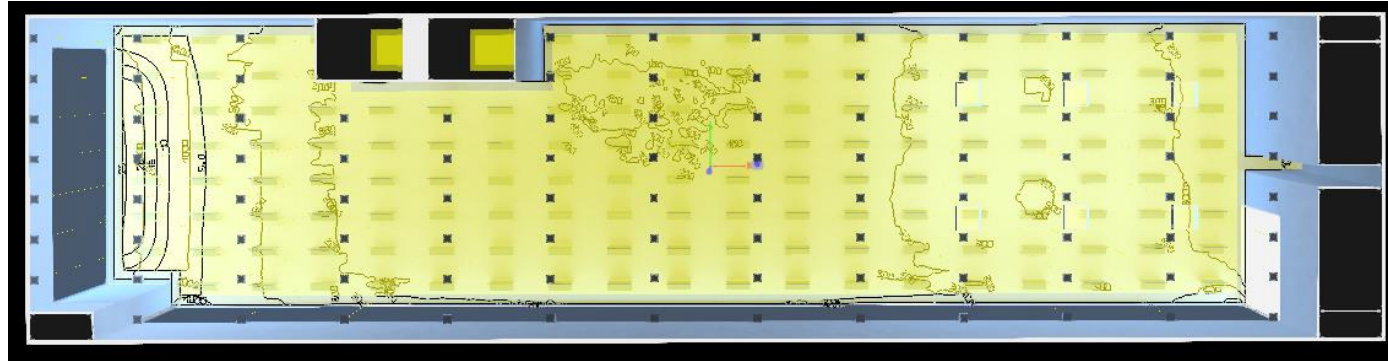


fig. 90 dialux iluminación natural

Iluminación natural fecha: 21 junio. 8:00 hrs. Imagen realizada en Dialux Evo.

En el análisis correspondiente al 21 de junio a las 8: 00 hrs. se obtuvieron los siguientes datos lumínicos en lux como se ilustra en la fig. 90.

Lectura mínima: 84.7 lux

Lectura media: 410 lux

Lectura máxima: 4713 lux

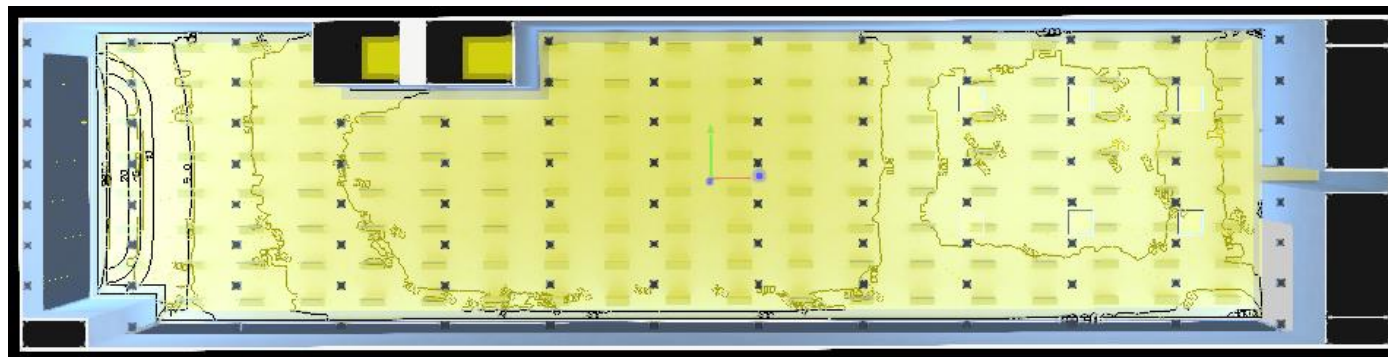


fig. 91 dialux iluminación natural

Iluminación natural fecha: 21 junio. 12:00 hrs. Imagen realizada en Dialux Evo.

En el análisis correspondiente al 21 de junio a las 12: 00 hrs. se obtuvieron los siguientes datos lumínicos en lux como se ilustra en la fig. 91.

Lectura mínima: 107 lux

Lectura media: 519 lux

Lectura máxima: 5964 lux

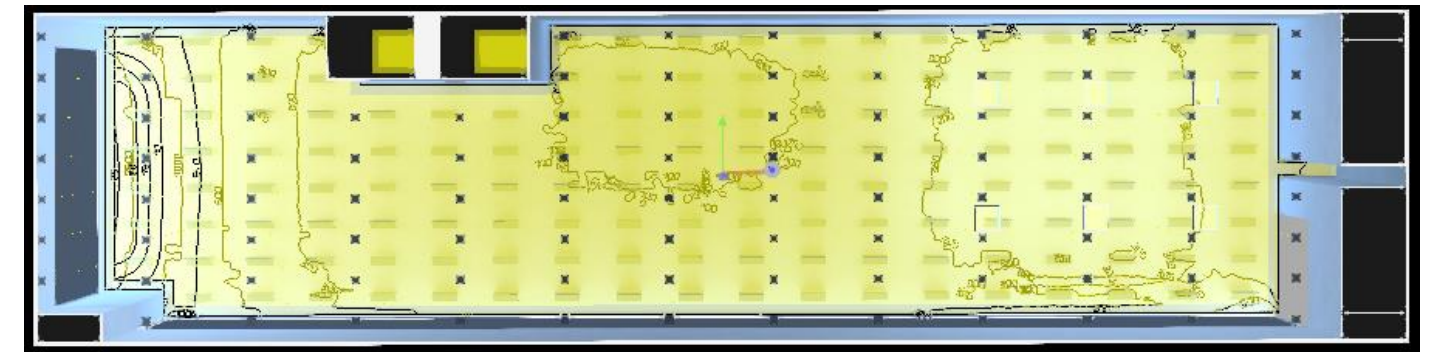


fig. 92 dialux iluminación natural

Iluminación natural fecha: 21 junio. 16:00 hrs. Imagen realizada en Dialux Evo.

En el análisis correspondiente al 21 de junio 16 : 00 am se obtuvieron los siguientes datos lumínicos en lux como se ilustra en la fig. 92.

Lectura mínima: 72.3 lux

Lectura media: 357 lux

Lectura máxima: 4119 lux

Solsticio de invierno

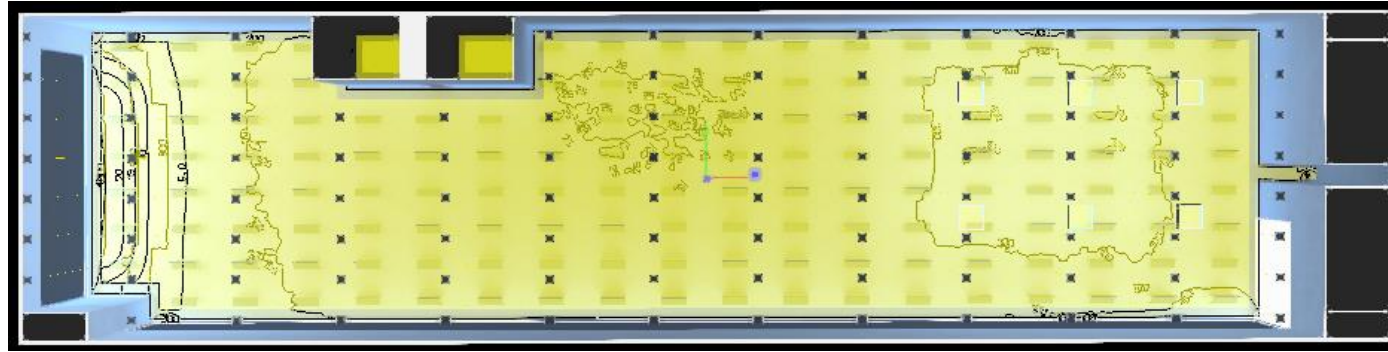


fig. 93 dialux iluminación natural

Iluminación natural fecha: 21 diciembre 8:00 hrs Imagen realizada en Dialux Evo.

En el análisis correspondiente al 21 de diciembre a las 8:00 hrs se obtuvieron los siguientes datos lumínicos en lux como se ilustra en la fig. 93.

Lectura mínima: 21.3 lux

Lectura media: 105 lux

Lectura máxima: 1216 lux

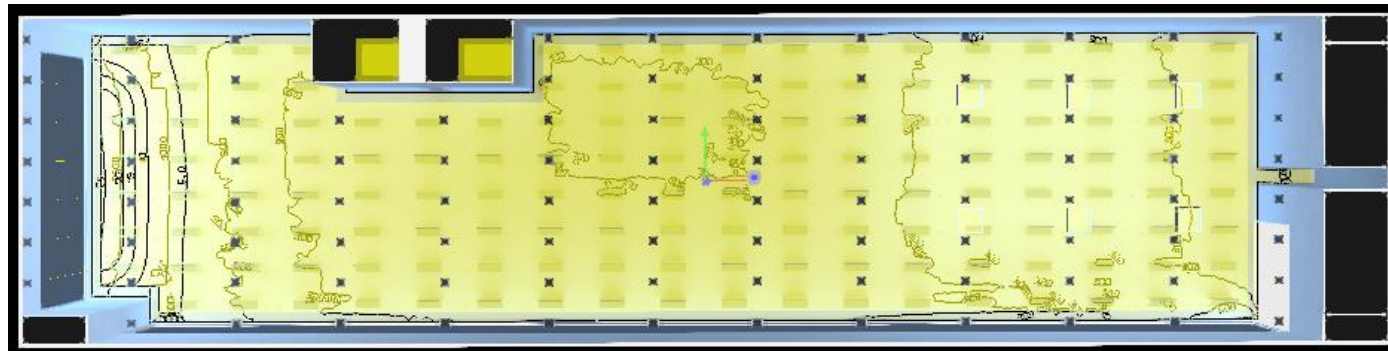


fig. 94 dialux iluminación natural

Iluminación natural fecha: 21 diciembre 12:00 hrs Imagen realizada en Dialux Evo.

En el análisis correspondiente al 21 de diciembre a las 12:00 hrs se obtuvieron los siguientes datos lumínicos en lux como se ilustra en la fig. 94.

Lectura mínima: 77.2 lux

Lectura media: 381 lux

Lectura máxima: 4395 lux

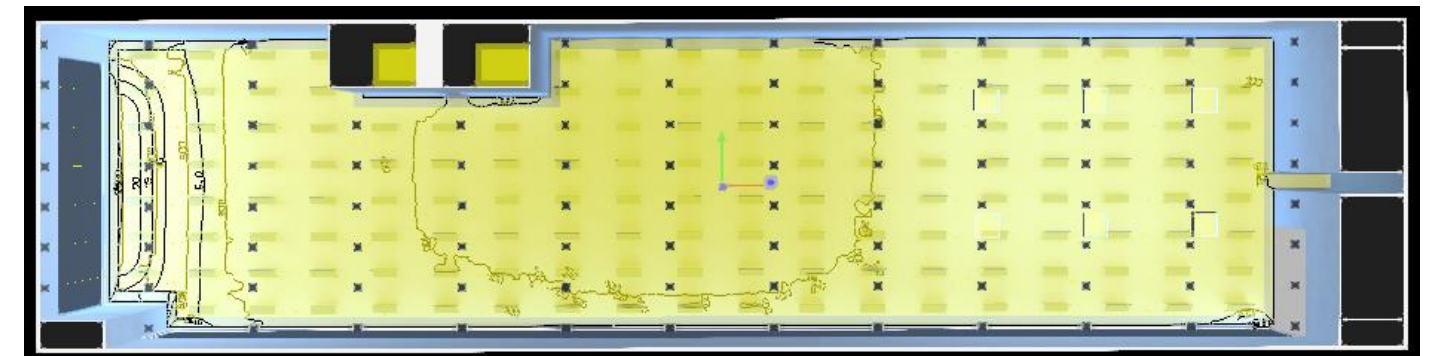


fig. 95 dialux iluminación natural

Iluminación natural fecha: 21 diciembre 16:00 hrs Imagen realizada en Dialux Evo.

En el análisis correspondiente al 21 de diciembre a las 16:00 hrs se obtuvieron los siguientes datos lumínicos en lux como se ilustra en la fig. 95.

Lectura mínima: 43.5 lux

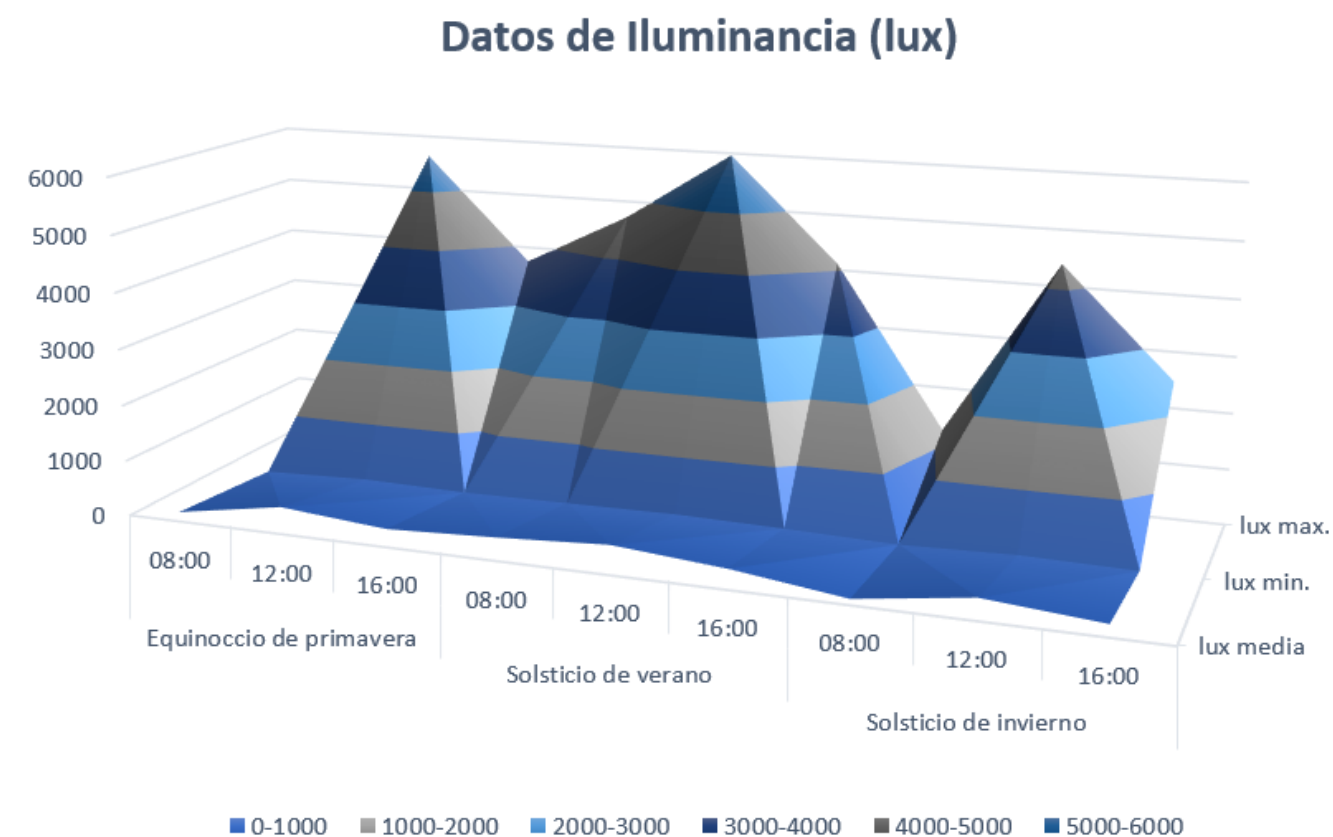
Lectura media: 215 lux

Lectura máxima: 2477 lux

La gráfica muestra los niveles de iluminancia (lux) de la sala de espera que fueron analizados en tres momentos clave del año: el equinoccio de primavera, el solsticio de verano y el solsticio de invierno. La gráfica también desglosa las mediciones en tres momentos del día: 08:00, 12:00 y 16:00 horas.

Fecha	Equinoccio de primavera			Solsticio de verano			Solsticio de invierno		
Horario	08:00	12:00	16:00	08:00	12:00	16:00	08:00	12:00	16:00
lux media	172	487	324	410	519	357	105	381	215
lux min.	35	98.8	65.6	84.7	107	72.3	21.3	77.2	43.5
lux max.	1990	5625	3734	4713	5964	4119	1216	4395	2477

Tabla 6. Datos de iluminancia realizada en Microsoft Excel 365



Grafica 21. Análisis de iluminación natural realizada en Microsoft Excel 365

Como se observa, el 21 de junio (solsticio de verano) tiene las lecturas más altas en comparación con las otras fechas, mientras que el 21 de diciembre (solsticio de invierno) tiene las lecturas más bajas, lo que es consistente con la variación estacional de la luz natural.

Diseño de Iluminación: Es crucial considerar estas variaciones estacionales. En áreas con poca luz durante el invierno, deberán aplicarse soluciones complementarias de iluminación artificial para garantizar un nivel adecuado de iluminancia.

Eficiencia Energética: Aprovechar al máximo la iluminación natural durante los meses de verano contribuirá a mejorar la eficiencia energética, reduciendo la necesidad de iluminación artificial. Sin embargo, la iluminación natural por sí sola no será suficiente para proporcionar los lux necesarios en el espacio en estudio.

Este análisis subraya la importancia de considerar la variabilidad estacional de la luz natural en el diseño arquitectónico y en la planificación de sistemas de iluminación para maximizar el confort y la eficiencia energética durante todo el año.

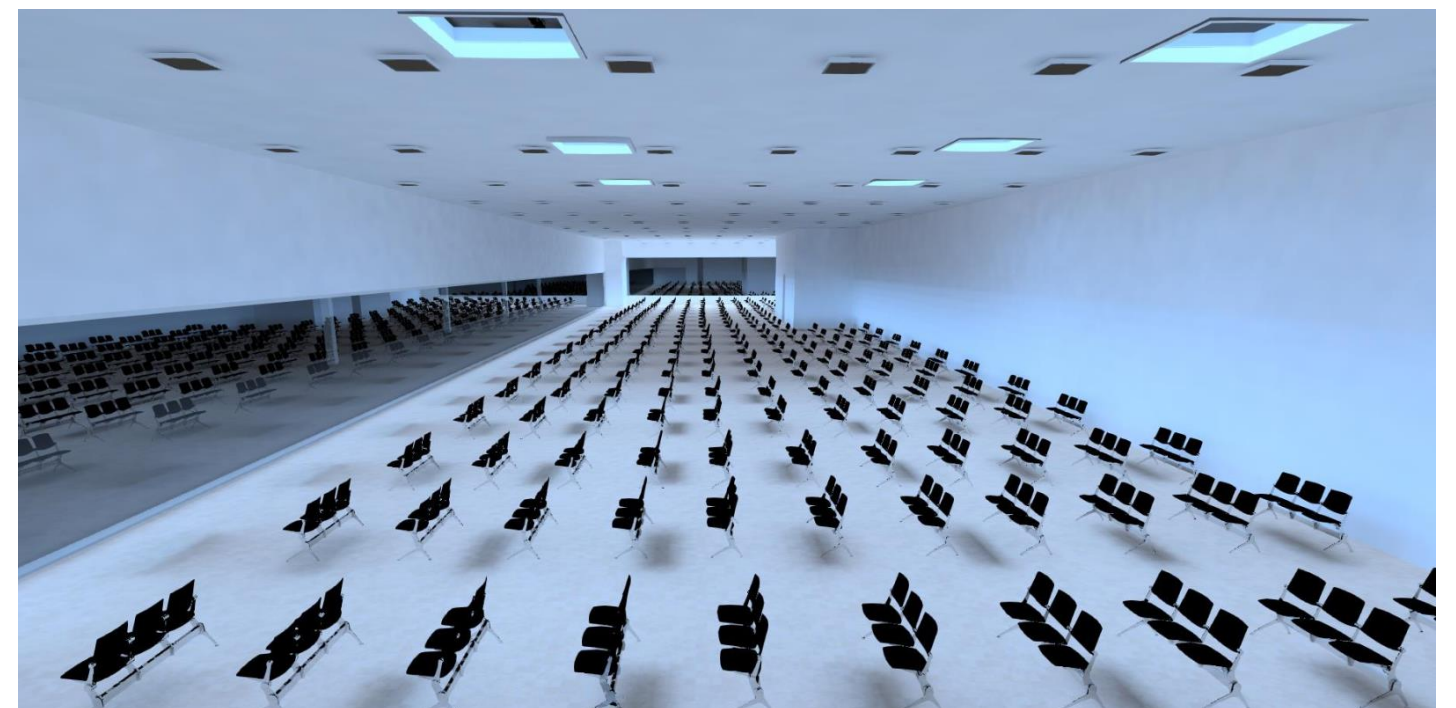


fig. 96 iluminación artificial, sala de espera. Dialux Evo

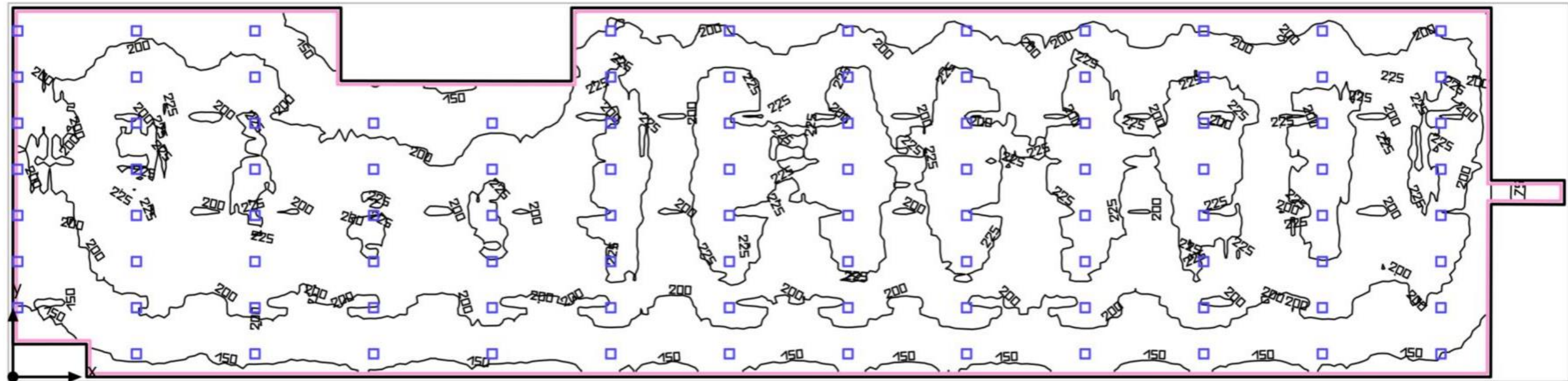


fig. 97 distribución de luminarias en sala de espera Imagen propia realizada en Dialux Evo

1. Distribución de Iluminancia

Valores de Lux: Los valores de lux están indicados en diversas áreas del plano con cifras como 150, 200 y 225. Esto indica la cantidad de iluminancia que recibe cada zona específica dentro de la sala de espera.

Zonas Críticas: Observamos que, en la mayoría de las áreas, la iluminancia se mantiene dentro del rango de 150 a 225 lux, lo cual es adecuado para una sala de espera según la normativa.

2. Colocación de Luminarias

Símbolos en Azul: Los cuadrados azules representan la ubicación de las luminarias. La distribución es regular y ortogonal a lo largo del espacio, lo cual contribuye a una iluminación adecuada y homogénea.

Cobertura Lumínica: los valores de lux varían, pero se mantienen dentro de un rango razonable, acorde a los requerimientos del espacio

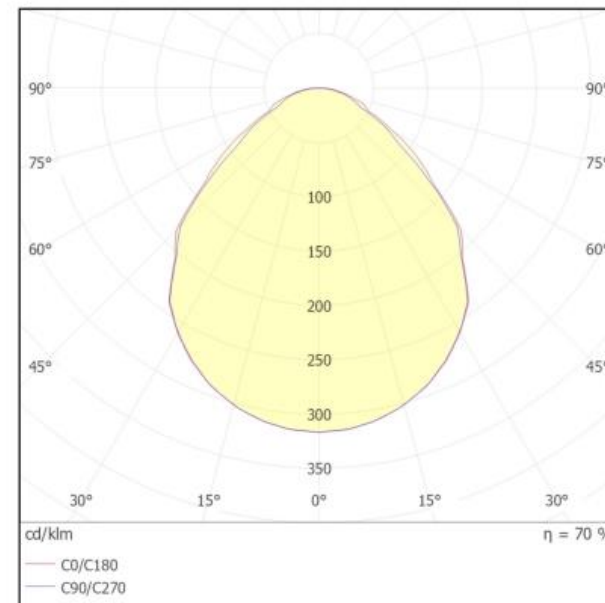
Plafón led

EBRE-LED 414/6000-830 MPO-DA

RIDI

EBRE-LED

Recessed luminaires



832905
Recessed in ceiling
Dimensions: 622x622x60 mm
LED-Einbauleuchte

IP20
Equipment

fig. 98 propuesta de luminaria

luz empotrada LED

Versión:

Foco empotrable LED, luz individual para módulo de techo 625 (EBRE-LED) o módulo de techo 600 (EBRME-LED). Carcasa de luz estable.

De chapa de acero con recubrimiento en polvo blanco (similar a RAL9016).

Guía de luz sujeta en la carcasa de la lámpara mediante clips elásticos, a ambos lados plegable y conectado automáticamente al conductor de protección.

Módulos LED diseñados como placas de superficie.

LED de potencia media para Iluminación uniforme y máxima eficiencia.

Controlador LED en Carcasa de luz instalada.

Funcionamiento de los módulos LED en Voltaje de protección extra bajo inferior a 60 voltios (cumple con SELV).

Índice de reproducción cromática $R_a \geq 80$, **temperatura de color 3000 Kelvin (830), 4000 Kelvin (840), 3000-6500 Kelvin (830-865), otros.**

Convertidor electrónico DALI para LED, 230 voltios, 0/50-60 Hz y terminal de conexión interna.

Ensamble:

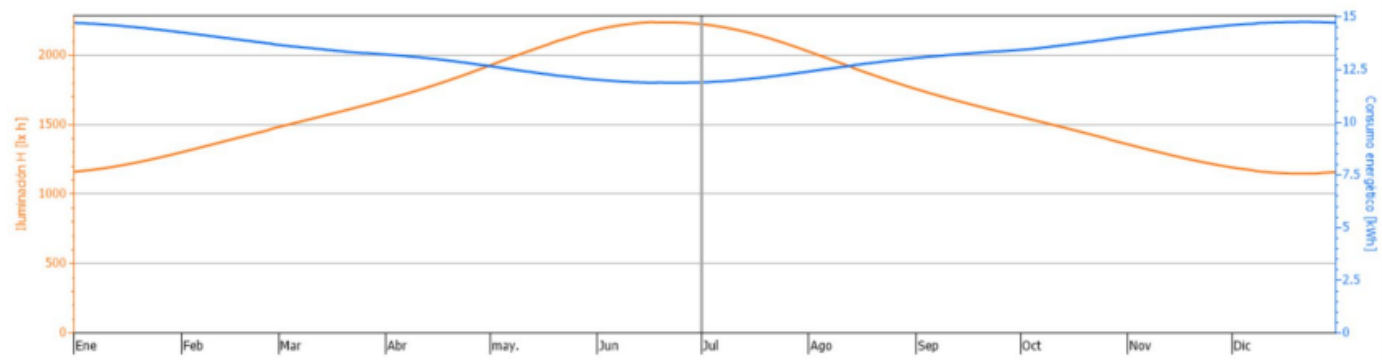
Instalación en varios sistemas de techo con los correspondientes kits de fijación o instalación de inserción en sistemas de techo.

carriles de soporte visibles y paneles de techo insertados. Para el montaje empotrado no es un accesorio de montaje adicional necesario.

Análisis de ahorro de energía Dialux Evo

Edificación 1 · Planta (nivel) 1 · Local 8

Día de la evaluación energética (1/7/2022 12:00)



Consumo de energía anual

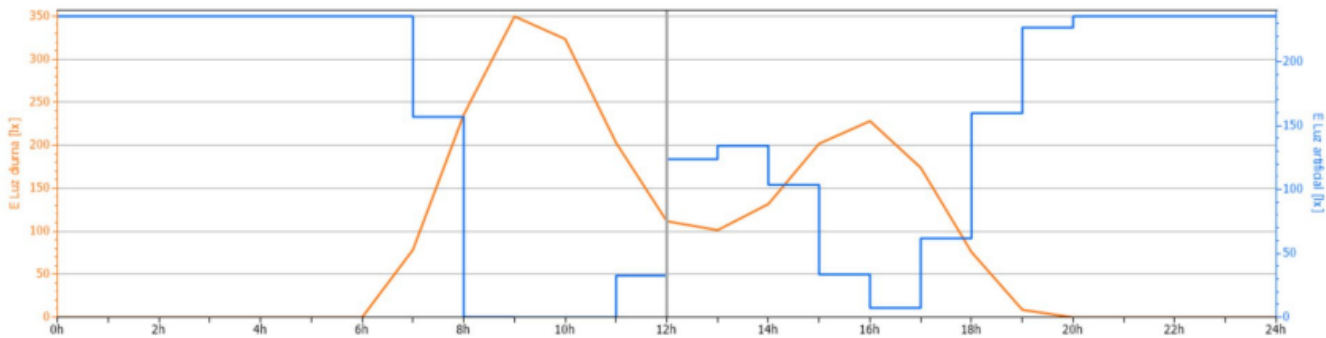
Vista diaria: 1/7/2022

Consumo energético		Ahorro	
No controlado	18.5 kWh	Energía	6.63 kWh
Controlado	11.9 kWh	Coste	6.63 mxn
		CO ₂	2.66 kg

Gráfica 22. Consumo de Energía Anual, realizada en Dialux evo.

En la curva azul se observan los requerimientos lumínicos a lo largo del año, en relación con el aporte de luz natural representado por la curva naranja, ambos correspondientes a nuestra área de estudio.

En la gráfica. Se observa que el consumo de energía varía durante el año, debido a las variaciones en la cantidad de luz natural disponible en diferentes estaciones. Durante los meses con más luz natural (como junio y julio), el consumo energético es menor.



Consumo de energía diario

Vista por horas: 12:00

Iluminancia / consumo de energía		Ahorro	
E Luz artificial	124 lx	P	366 W
E Luz diurna	112 lx		
P	406 W	Nubosidad	Abierto/Ninguno

Gráfica 23. Consumo de Energía diario, realizada en Dialux evo.

La gráfica. muestra que el consumo energético varía a lo largo del día, con un mayor consumo en momentos en que la radiación solar es baja. Durante las horas de mayor luz solar, el consumo energético es menor, lo que indica que se aprovecha la luz natural para reducir el uso de iluminación artificial.

Se observa que la contribución de la luz natural durante el día, en los horarios de 8:00 a 13:00 y de 15:00 a 17:00 horas, fue casi tan significativa como la de la luz artificial. Como resultado, se registra un ahorro considerable de energía, lo que sugiere la implementación de un sistema de control que minimiza el uso de luz artificial cuando la luz natural es suficiente.

Consumo de energía anual

	No controlado	Controlado	Ahorro
Consumo energético (kWh/a)	6764	4870	1895
LENI (kWh/(m² * a))	3.11	2.24	0.87
Coste (mxn/a)	6764.47	4869.93	1894.55
CO ₂ (kg/a)	2713	1953	760

Autonomía con luz solar: 22 %

Tabla 7. Consumo de Energía Anual, realizada en Dialux evo.



fig. 99 Sala de espera Iluminancia 200 lux,
Imagen propia realizada en Dialux evo.



fig. 100 Sala de espera Iluminancia 200 lux img2.

5.5.4. Análisis lumínico (cielo artificial)

El estudio de cielo artificial se llevó a cabo en un espacio rodeado de espejos, el cual está iluminado en la parte superior por fuentes de luz indirecta. Este entorno permitió evaluar las condiciones de luz natural difusa en el interior del proyecto, utilizando un modelo 3d a escala de la sala de espera.

Se colocó el modelo en la base destinada para el estudio y se procedió a medir las condiciones de iluminación natural interior con un luxómetro, el cual arrojó mediciones en lux. Estas mismas consideraron también las características de los materiales, como su capacidad de reflexión y la textura de las superficies.

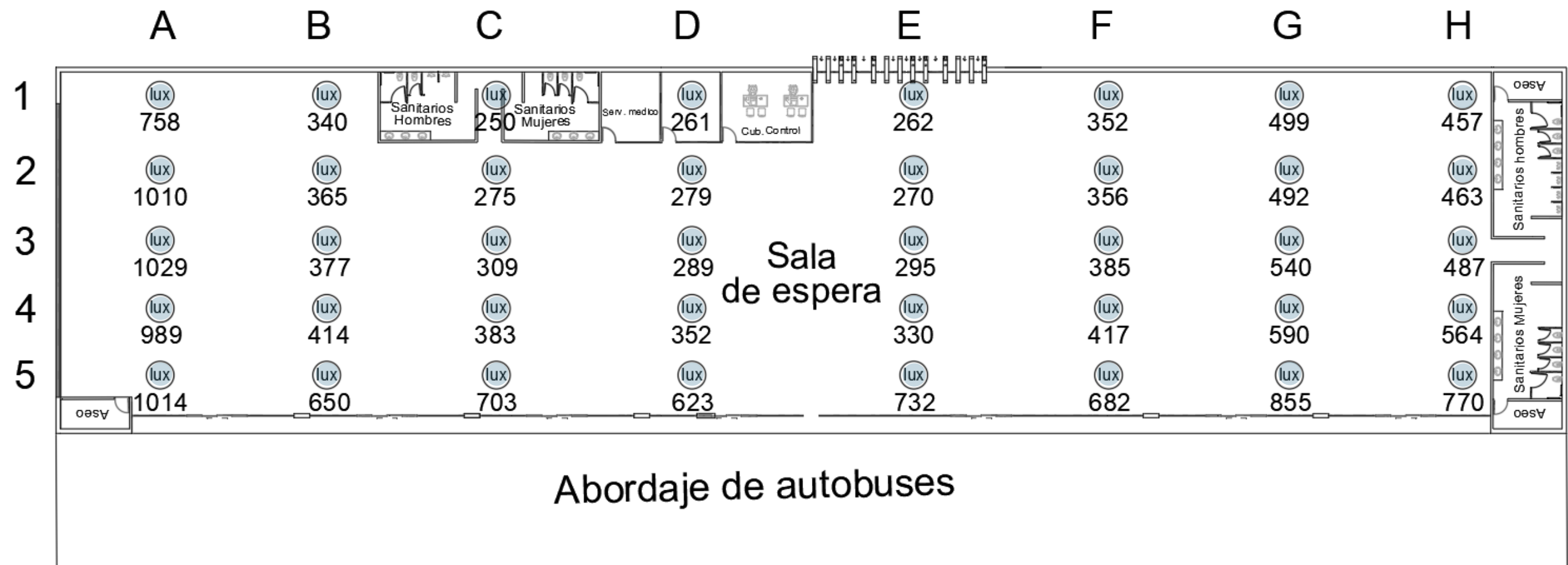


fig. 101 Distribución y mediciones de la zona de estudio

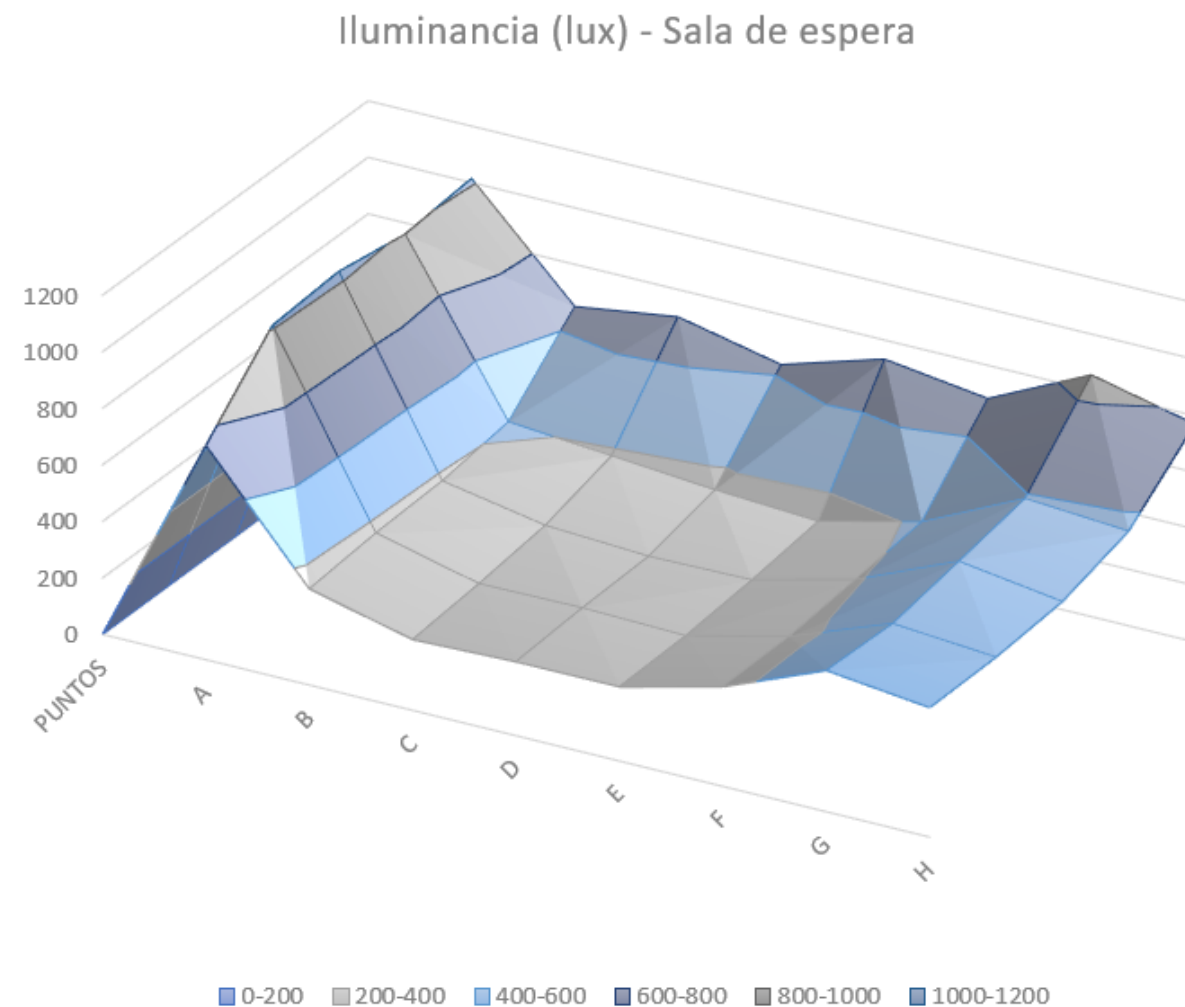
Distribución y mediciones de la zona de estudio elaboración propia

Medida de iluminancia exterior 7130 lux

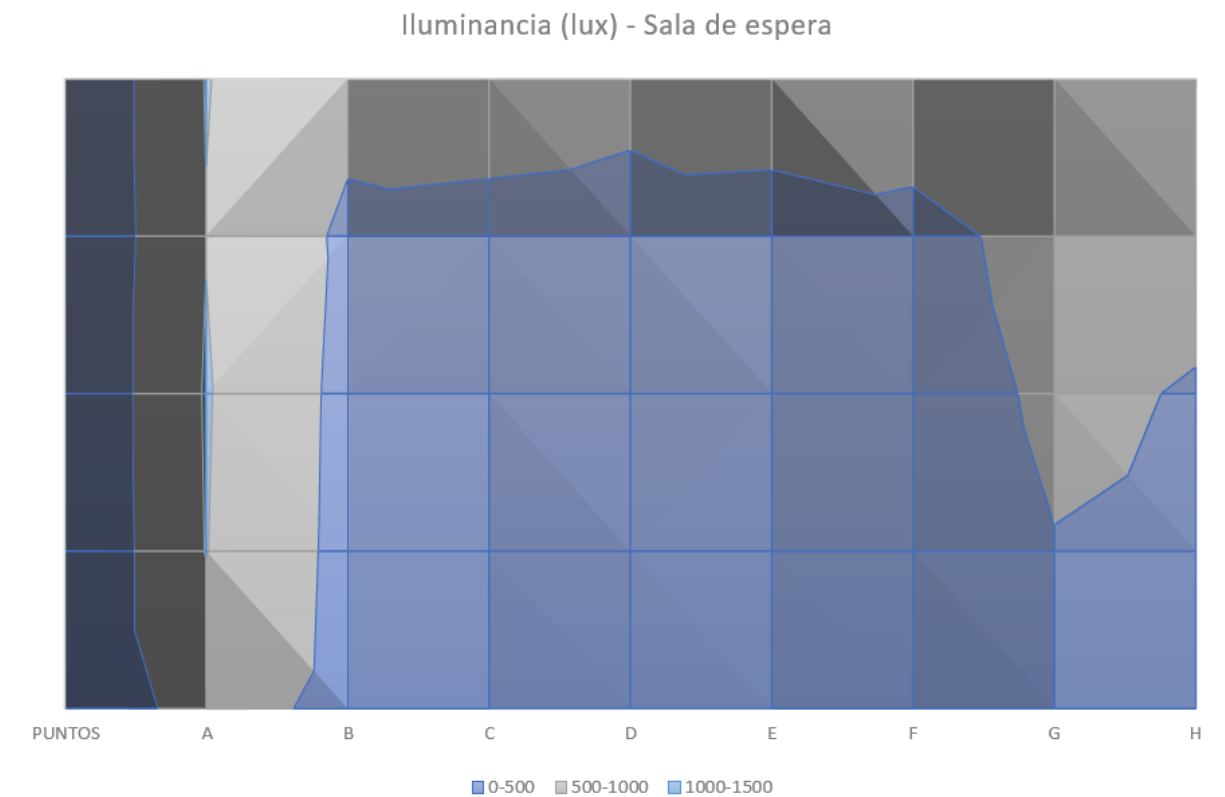
De las mediciones recabadas se realizó la siguiente tabla para la presentación de graficas

MEDICIONES EN LUX								
PUNTOS	A	B	C	D	E	F	G	H
1	758	340	250	261	262	352	499	457
2	1010	365	275	279	270	356	492	463
3	1029	377	309	289	295	385	540	487
4	989	414	383	352	330	417	590	564
5	1014	650	703	623	732	682	855	770

Tabla 8. Datos de iluminación



Grafica 24. Iluminancia. Imagen propia realizada en Microsoft Excel 365



Grafica 25. Iluminancia. Imagen propia realizada en Microsoft Excel 365

Las gráficas 1 y 2 ilustran la distribución de la iluminancia donde se analizo cómo la luz se distribuye en diferentes puntos del espacio, lo que es crucial para garantizar un ambiente adecuado para los ocupantes.

Descripción del Gráfico

El gráfico se estructura en tres ejes principales:

1. **Eje X:** Representa diferentes puntos o zonas dentro de la sala de espera, identificados con las letras A - H.
2. **Eje Y:** Muestran los puntos de medición
3. **Eje Z:** Indica los niveles de iluminancia, con valores que varían desde 0 lux hasta un máximo cercano a 1200 lux.

Análisis de la Superficie

La superficie del gráfico está coloreada con un degradado que va de tonos grises a azules, representando distintos niveles de iluminancia en la sala. Los picos en la superficie indican áreas con una mayor cantidad de luz, mientras que los valles señalan zonas con menor iluminación.

Interpretación

Este gráfico permite identificar la uniformidad de la distribución lumínica en la sala de espera. Las variaciones en la altura de la superficie sugieren posibles áreas que podrían necesitar ajustes en la iluminación para mejorar el confort visual y cumplir con los estándares de iluminación recomendados para este tipo de espacios.

Este enfoque permite evaluar no solo la cantidad de luz, sino también su distribución, lo que es esencial para asegurar que todos los puntos de la sala de espera cumplan con los requisitos de iluminación, evitando tanto el deslumbramiento como las áreas de sombra excesiva.

Imágenes interiores del modelo a escala



Imagen propia realizada en Laboratorio Bioclimática, Uam Azcapotzalco.

fig. 102 Iluminancia 1.



fig. 103 Iluminancia 2. Imagen propia realizada en Laboratorio Bioclimática, Uam Azcapotzalco.



fig. 104 Iluminancia 3 Imagen propia realizada en Laboratorio Bioclimática, Uam Azcapotzalco.



Ciencias y Artes para el Diseño

Del estudio realizado, podemos concluir que las mediciones alcanzadas se encuentran dentro del rango de las especificaciones lumínicas.



En México, las especificaciones sobre la cantidad de lux en espacios arquitectónicos están reguladas principalmente en la Norma Oficial Mexicana (NOM). La normativa específica relacionada con la iluminación es la NOM-025-STPS-2008, que establece las condiciones mínimas de seguridad y salud en los centros de trabajo, incluyendo requisitos de iluminación.

El espacio de acuerdo a la cantidad de lux nos presenta mediciones arriba de los 200 lux requeridos para dicha zona.

Introducción

El confort acústico se refiere a la calidad del entorno sonoro en un espacio, que permite a las personas estar en un ambiente donde el sonido no resulte incómodo, estresante o molesto. Se busca crear un equilibrio entre los niveles de ruido y la claridad acústica para proporcionar una experiencia agradable y funcional.

Para realizar dicho análisis se siguieron los siguientes pasos:

1. Elección del área de estudio
2. Análisis de la reverberación de la zona de estudio.
3. Análisis de los materiales del sistema constructivo.
4. Identificación de fuentes sonoras (internas y externas)
5. Cumplimiento normativo de estándares acústicos.
6. Análisis de la resonancia de la zona de estudio
7. Evaluación del confort acústico

Fig. 105. La zona de análisis seleccionada es la sala de espera, donde los requerimientos acústicos se enfocan en garantizar el confort auditivo de los usuarios, permitiendo que puedan escuchar y hablar con claridad, y evitando niveles excesivos de ruido, tanto del exterior (tráfico, motores de autobuses, etc.) como del interior (conversaciones, anuncios).

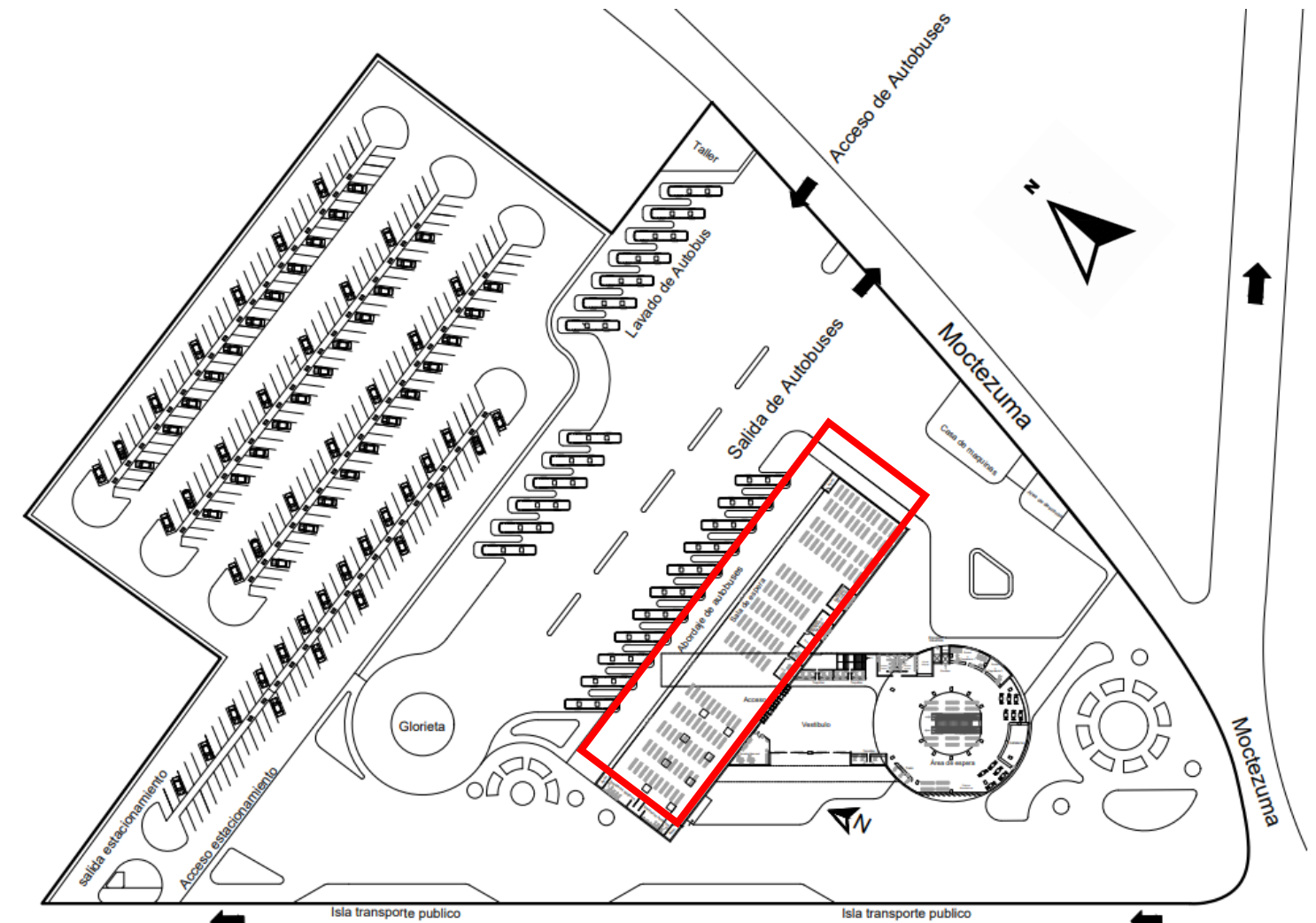


fig. 105 Área de Estudio

Área de Estudio "Central de autobuses Tizayuca Planta arquitectónica.

Acondicionamiento acústico

Los materiales utilizados fueron seleccionados con la finalidad de reducir la reverberación del sonido dentro de la sala de espera, lo que mejora la claridad de las conversaciones y anuncios, y evita la acumulación de ruido.

Las superficies, como techos, paredes y suelos, con materiales absorbentes permitieron alcanzar un nivel óptimo de reverberación gracias a su capacidad de absorción acústica. Esta capacidad se mide a través del **NRC** (Coeficiente de Reducción de Ruido, por sus siglas en inglés *Noise Reduction Coefficient*), que es un valor que describe la capacidad de un material para absorber el sonido. Este coeficiente se utiliza para evaluar la eficiencia de los materiales acústicos en la reducción del sonido reflejado.

Características del NRC:

Rango de valores: El NRC varía entre **0 y 1**, donde:

0 significa que el material no absorbe sonido, es completamente reflectante.

1 indica que el material absorbe todo el sonido incidente.

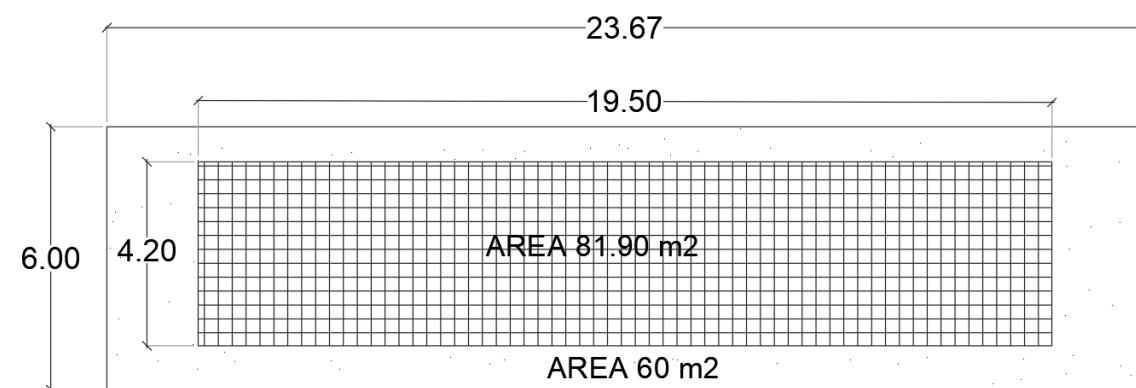
ANALISIS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DEL ESPACIO

Se analizaron muros, piso, cubierta y plafón para determinar la eficiencia acústica que parte de las propiedades físicas de los materiales para obtener el factor de reverberación adecuado al espacio fig.106.



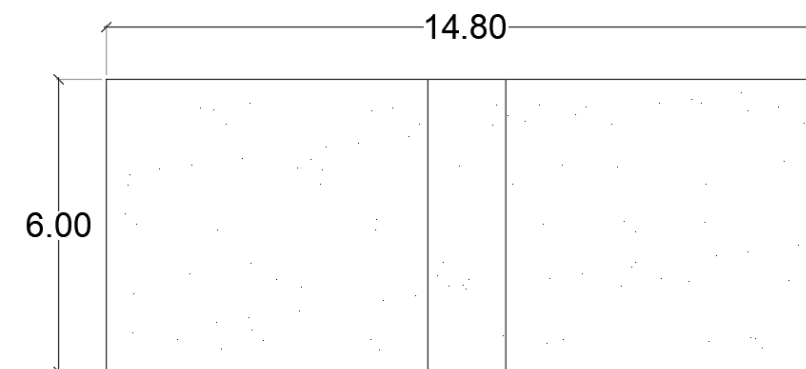
fig. 106 evaluación acústica sala de espera

Evaluación acústica sala de espera elaboración propia.



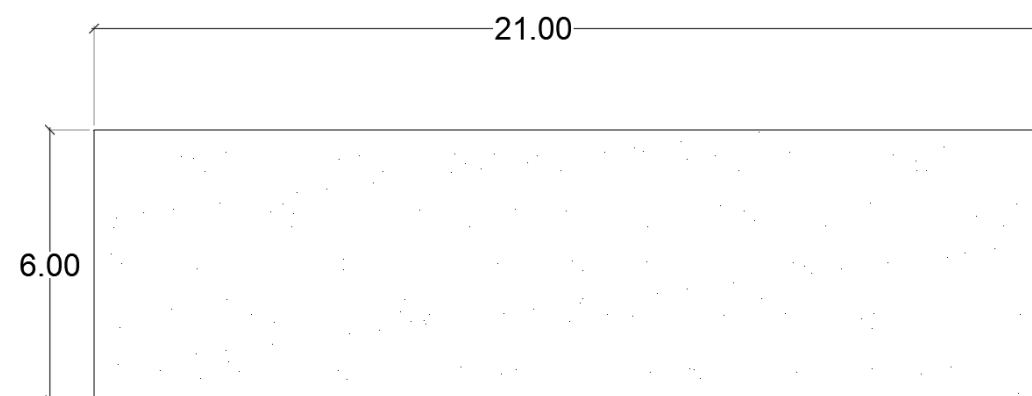
Muro 1

Material
concreto celular aplanado
con estuco
vitro block



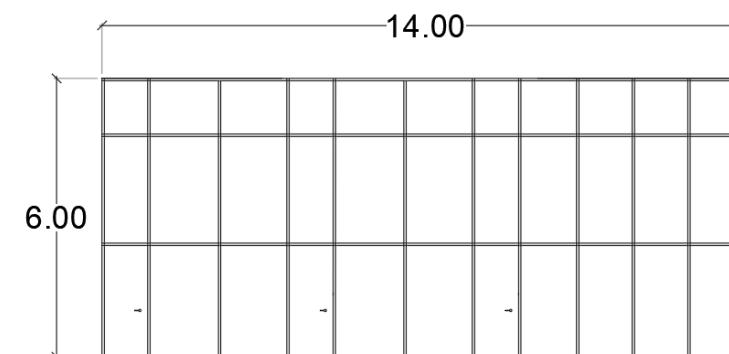
Muro 4

Material
Muro de block
macizo con
recubrimiento de
Mármol
Área: 88.8 m²



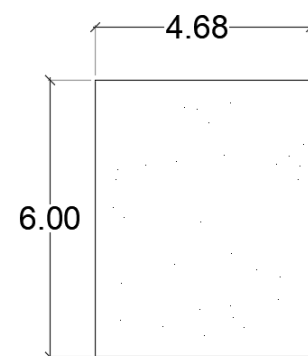
Muro 2

Material
concreto celular aplanado con
estuco
Área: 126 m²



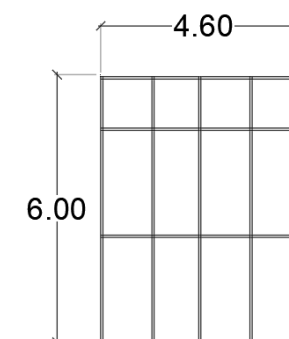
Muro 5

Material
Muro cortina
cristal
Área: 84 m²



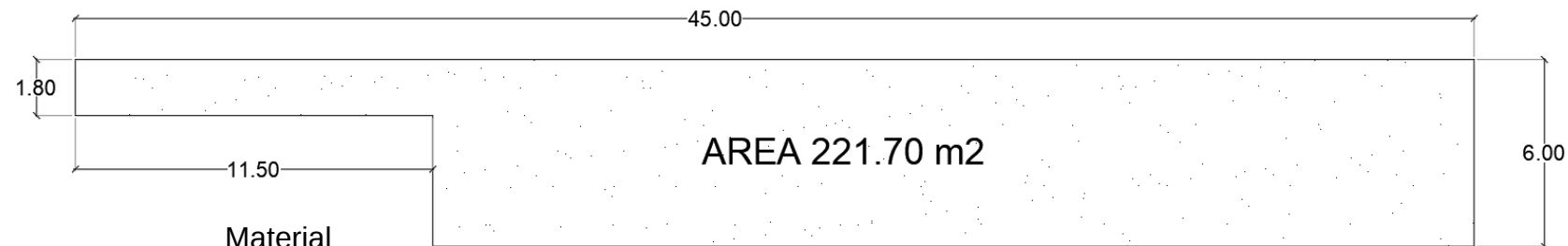
Muro 3

Material
concreto celular aplanado con estuco
Área: 29.28 m²



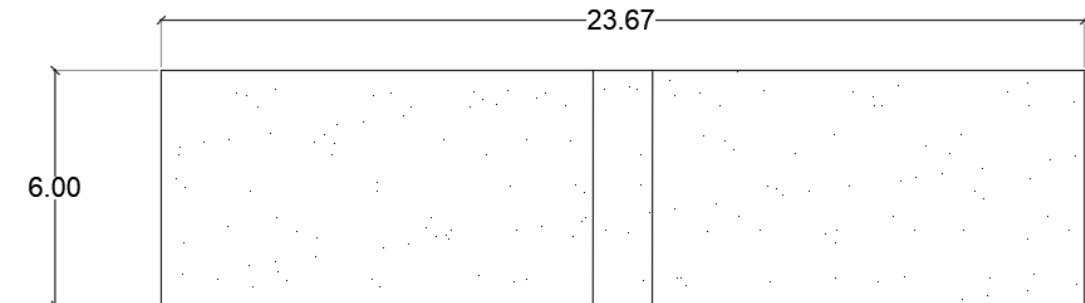
Muro 6

Material
Muro cortina
cristal
Área: 27.6 m²



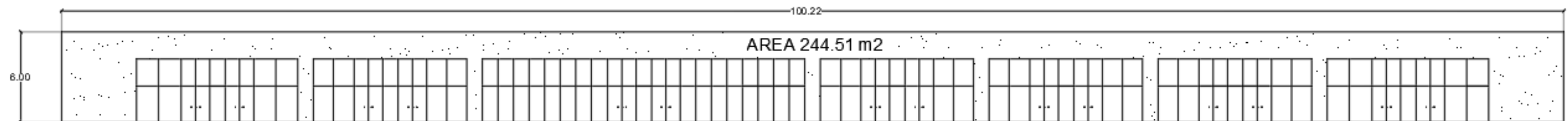
Material
Concreto celular
Aplanado con
estuco

Muro 7



Material
Muro Block hueco con recubrimiento en
Mármol
Área: 142 m²

Muro 8



Material
concreto celular con aplanado en estuco
Área: 255.51 m²
muro cortina cristal 6mm
Área: 356.72

Muro 9

Nrc								
Frecuencias	CONCRETO CELULAR 30 CM Y APLANADO EN ESTUCO	VITRO BLOCK 10 CM	PANEL SOUND REY	CANCEL DE VIDRIO 6 MM	MURO DE BLOCK MACIZO RECUBIERTO DE MARMOL	FIRME DE CONCRETO CON ACABADO EN LOSETA CERAMICA	PERSONA EN ASIENTO TAPIZADO	
500	0.4	0.01	0.6	0.01	0.01	0.04	0.38	
1000	0.5	0.02	0.6	0.02	0.02	0.05	0.46	
2000	0.6	0.02	0.7	0.02	0.02	0.05	0.39	
4000	0.7	0.01	0.7	0.01	0.01	0.04	0.35	
RATE	0.55	0.02	0.65	0.02	0.02	0.05	0.40	

Tabla 9. coeficientes y frecuencias Nrc de materiales empleados

Se realizó el cálculo de acuerdo con la tabla de coeficientes correspondientes a los materiales empleados y sus frecuencias, obteniendo como resultado el área total de absorción del espacio que se observa en la tabla 10.

SALA DE ESPERA TR60 OPTIMO = 1.2 s						
ELEMENTO	MATERIAL	ANCHO	ALTO	AREA	NRC ABS (%)	AREA ABS (A*NRC)
MURO 1	Vitro block ancho 10 cm	19.5	4.2	81.9	0.02	1.64
	Concreto celular 30 cm aplanado con estuco	23.67	6	142.02	0.15	9.02
MURO 2	Concreto celular 30 cm aplanado con estuco	21	6	126	0.15	18.90
MURO 3	Concreto celular 30 cm aplanado con estuco	23.67	6	142.02	0.15	21.30
MURO 4	muro de block solido con recubrimiento de Marmc	14.8	6	88.8	0.02	1.78
MURO 5	Cancel crista ultra claro	14	6	84	0.02	1.68
MURO 6	Cancel crista ultra claro	4.6	6	27.6	0.02	0.55
MURO 7	Concreto celular 30 cm aplanado con estuco	45	6	270	0.15	36.80
	Hueco	11.5	4.2	48.3		
VANO	Aire	11.5	1.8	20.7	1.00	20.70
MURO 8	Muro de block solido con recubrimiento de Marmc	23.67	6	142.02	0.02	2.84
MURO 9	Cancel crista ultra claro	83.99	4.2	352.758	0.02	7.06
	Concreto celular 30 cm aplanado con estuco	99.68	6	598.08	0.15	36.80
PLAFÓN	panel acustico sound rey	20	90	1800	0.65	1170.00
PISO	firme de concreto con loseta ceramica	23.67	99.68	2037.52	0.05	101.88
PERSONA EN ASIENTO TAPIZADO		23.67	99.68	600	0.40	240.00
				Area		1670.94

Tabla 10. cálculo de área de absorción sala de espera

Resultados de la evaluación

	FACTOR	VOLUMEN	AREA	
RT	0.161	12,225	1670.94	1.18

fig. 107 resultados reverberación

resultados de reverberación acústica sala de espera elaboración propia.

La tabla muestra los resultados del cálculo de **tiempo de reverberación (RT)**, que mide cuánto tiempo tarda en disiparse el sonido en un espacio después de que la fuente se haya apagado.

- **FACTOR (0.161):** Este valor es una constante utilizada en la fórmula del tiempo de reverberación de Sabine, que depende de las unidades de medida empleadas. Para ambientes en metros cúbicos y segundos, este valor es comúnmente 0.161.
- **VOLUMEN (12,225):** Indica el volumen de la sala de espera en metros cúbicos. En este caso, el espacio tiene un volumen de **12,225 m³**.
- **ÁREA (1670.94):** Representa el área total de absorción en unidades de metros cuadrados que corresponde a la capacidad de los materiales presentes para absorber el sonido en el espacio.
- **RT (1.18):** El valor final del **tiempo de reverberación** en segundos, que es **1.18 segundos**. Este es el tiempo que tarda el sonido en decaer 60 dB en este espacio. Un valor de 1.18 segundos indica un tiempo de reverberación óptimo para el espacio analizado que se coteja con la siguiente tabla de requerimientos fig. 108.

Transporte	Vestibulos, corredores y áreas de circul	52	1.5
	Areas de espera	52	1.2

fig. 108 Requerimientos acústicos sala de espera decibele

Requerimientos acústicos sala de espera decibele 52 TL60 1.2

Estudio de aislamiento acústico

El aislamiento acústico es un aspecto fundamental en el diseño arquitectónico de espacios públicos, especialmente en edificaciones como las terminales de autobuses, donde se manejan grandes flujos de personas y actividades constantes.

En particular, el diseño de la sala de espera se llevó a cabo considerando el control del tiempo de reverberación y el aislamiento acústico. Para ello, se identificaron las fuentes sonoras que afectan el área, las cuales provienen principalmente del exterior. A continuación, se describe la metodología empleada para evaluar estas fuentes:

1. **Ubicación del área de estudio** (sala de espera) e identificación de las fuentes sonoras que afectan el confort acústico de la zona. Fig. 109.
2. **Determinación de las fuentes sonoras**, expresadas en decibeles, que afectan el área para su posterior cálculo.
3. **Evaluación de las características físicas de los materiales** empleados para el aislamiento acústico.
4. **Cálculo del aislamiento acústico**.
El cual se realizó restando el factor **STC**³ a las fuentes sonoras obteniendo el sonido incidente en el área.

En la siguiente imagen se ilustran las áreas analizadas acústicamente

- 1.- Recuadro verde sala de espera
- 2.- Recuadro azul oficinas

Fuente sonora
Fachada oeste
Avenida principal 78 Db
Distancia 20 m

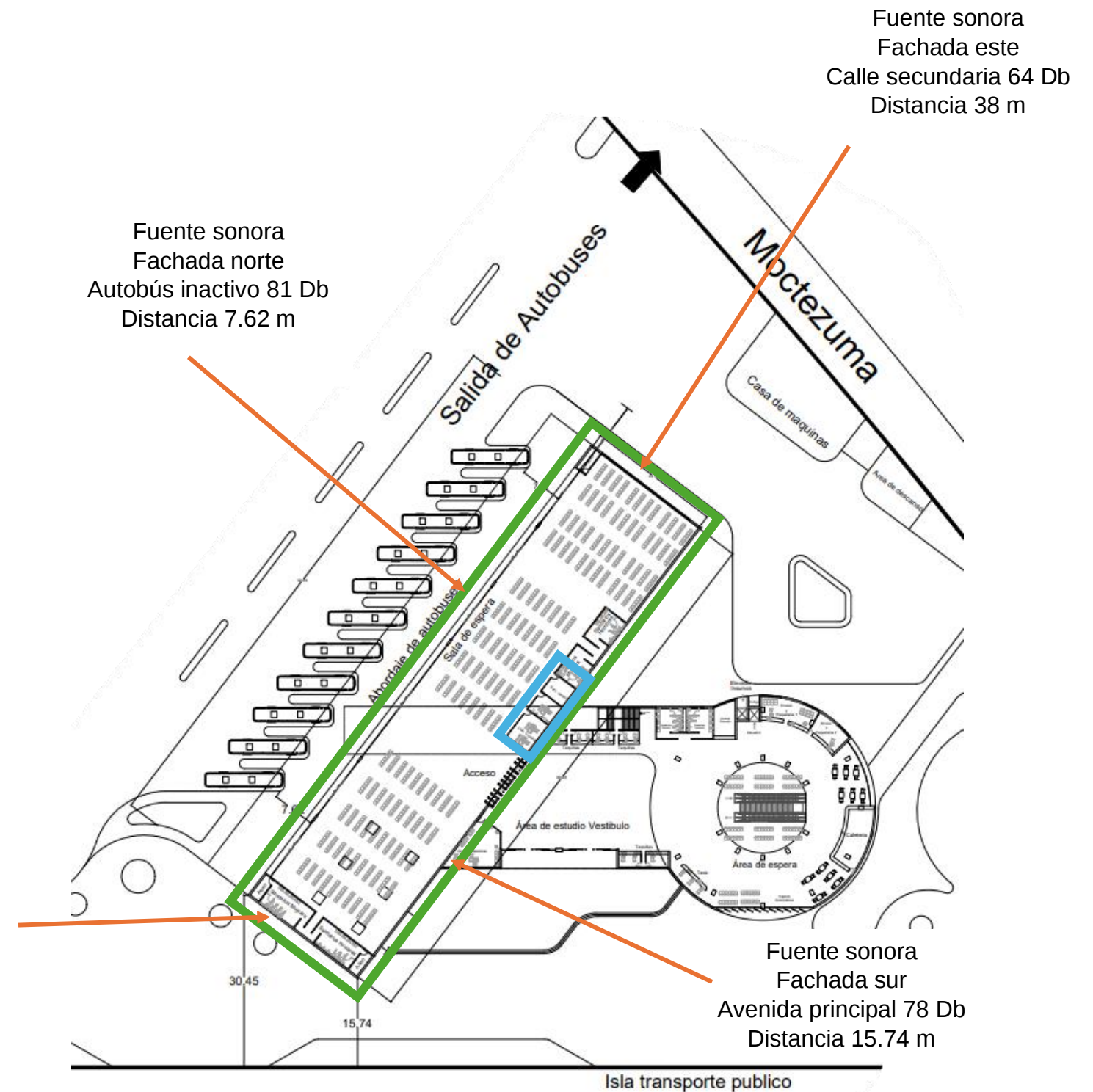


fig. 109 área de evaluación de aislamiento acústico
sala de espera elaboración propia.

³ Sound Transmission Class que es una medida que indica la capacidad de un material para atenuar el sonido de los materiales

En la siguiente tabla 11, se recopilaron los datos de las fuentes sonoras que intervienen en la edificación. Estas se calcularon a partir de los niveles de decibel que emiten y la distancia a la que se encuentran. Posteriormente se anoto el coeficiente de aislamiento acustico (stc) de los materiales empleados en el estudio, tabla 12.

Fuentes externas	Tipo de fuente	Decibeles	Distancia de la fuente	Total de decibeles resta algoritmica	material muros
Carretera principal (oeste)	Lineal	78	15	66 db a 1m	concreto celular 30 cm aplanado con estuco
Carretera (este)	lineal	64	37	49 db a 1 m	vitroblock 10 cm, concreto celular 30 cm aplanado con estuco
Autobus inactivo (norte)	lineal	81	7.62	75 db a 1m	concreto celular 30 cm aplanado con estuco , cancel cristal 6mm
carretera principal sur	lineal	78	15.74	69 db a 1m	concreto celular 30 cm aplanado con estuco

Tabla 11. cálculo de decibeles

Materiales	Nivel de aislamiento acustico STC
MURO CONCRETO CELULAR APLANADO EN ESTUCO	40 db
VITRO BLOCK 10 cm de espesor	40 db
CANCELERIA CON CRISTAL 6MM	31 db

Tabla 12. stc materiales

Se realizo la tabla 13. En Excel para evaluar la efectividad de dichos materiales contra las fuentes sonoras que afectan al área.

FACHADA	Componentes de la barrera	Material del componente	Altura (m)	Ancho (m)	Área (m2)	STC (dB)	TL(STC- 3 db)	Transmission loss (TLov)	Ruido proveniente del exterior (dB)	Ruido transmitido al interior (dB)
Barrera sur	Muro	Muro de concreto celular 30 cm Aplanado en estuco	7.00	100.00	700.00	40	37	NA	69	32
Barrera oeste	Muro	Muro de concreto celular 30 cm aplanado en estuco	7.00	24.27	169.89	40	37	NA	66	29
Barrera norte	Muro	Muro de concreto celular 30 cm aplanado en estuco	7.00	100.00	347.24	40	37	30	75	45
	Acristalamiento	Canceleria 6 mm	4.20	83.99	352.76	31	28			
Barrera este	Muro	Muro de concreto celular 30 cm Aplanado en estuco	7.00	24.27	88.41	40	37	40	49	9
	Acristalamiento	Vitro block espesor 10 cm	4.20	19.40	81.48	40	37			

Tabla 13. barreras acústicas

Evaluación de las barreras acústicas en la tabla, con un nivel de ruido requerido de 52 decibeles para el espacio analizado, observamos lo siguiente:

- Barrera sur:**
 - Ruido transmitido al interior:** 32 dB
 - Evaluación:** Cumple con el requerimiento, ya que el nivel de ruido es inferior a 52 dB.
- Barrera oeste:**
 - Ruido transmitido al interior:** 29 dB
 - Evaluación:** Cumple con el requerimiento de 52 dB, ya que el nivel de ruido es mucho menor.
- Barrera norte (muro):**
 - Ruido transmitido al interior:** 45 dB
 - Evaluación:** Cumple con el requerimiento, pero el nivel está más cerca del límite de 52 dB.
- Barrera norte (acristalamiento - cancelería 6 mm):**
 - Ruido transmitido al interior:** 45 dB
 - Evaluación:** Cumple con el requerimiento, pero es uno de los elementos con mayor transmisión de ruido.
- Barrera este (muro):**
 - Ruido transmitido al interior:** 9 dB
 - Evaluación:** Cumple ampliamente con el requerimiento.
- Barrera este (acristalamiento – vitro block 10 cm):**
 - Ruido transmitido al interior:** 9 dB
 - Evaluación:** Cumple ampliamente con el requerimiento.

En conclusión, todas las barreras cumplen con el requerimiento de 52 dB. Sin embargo, se sugiere prestar especial atención al **acristalamiento de cancelería en la barrera norte**, que tiene una mayor transmisión de ruido.

- Aunque el acristalamiento de la **Barrera Norte** tiene un STC inferior en comparación con el resto de los componentes, el nivel de ruido transmitido sigue siendo aceptable (42 dB) y cumple con los requisitos del espacio de estudio.

Oficinas	Cuartos de cómputo	56
	Oficinas generales	52
	Vestibulos, corredores y áreas de circul.	52
	Grandes oficinas, secretarías	47
	Oficinas privadas y semiprivadas	42
	Oficinas ejecutivas y espacios de confer.	38

fig. 111 Requerimientos en decibeles para oficinas

El requerimiento de decibeles para el área de oficinas se obtiene de la fig. 111 la cual presenta 52 Decibeles por normativa.

Evaluación acústica de oficinas ubicadas en la sala de espera

Fig. 110, Se evaluaron las oficinas ubicadas en la sala de espera analizando las condiciones acústicas para garantizar un entorno confortable, productivo y funcional, tanto para los empleados como para los clientes. Además de cumplir con las normativas se buscó optimizar el diseño arquitectónico y mejorar la experiencia general de los usuarios del área.

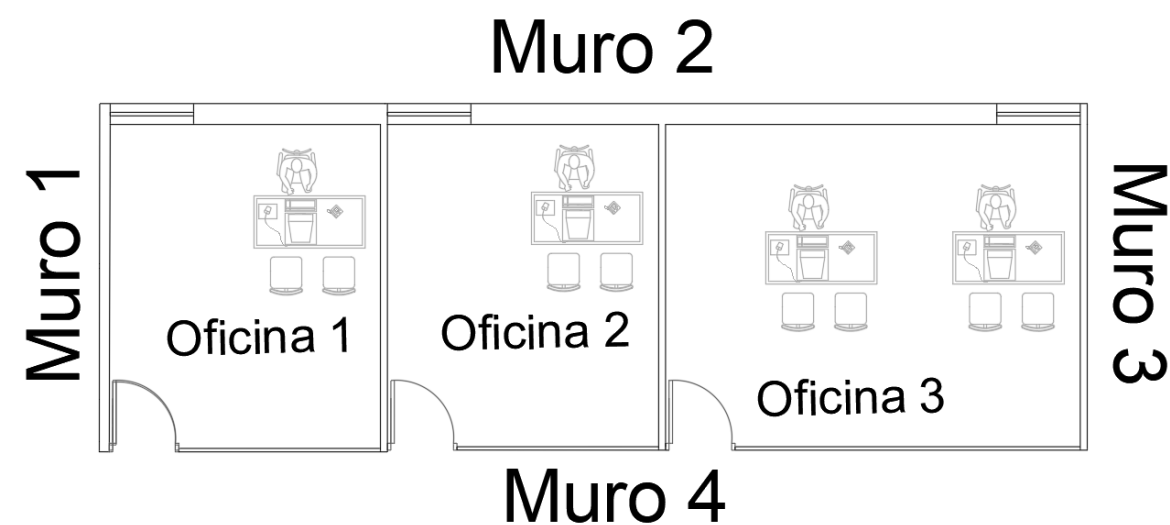


fig. 110 Oficinas ubicación de barreras acústicas

Muro	Fuente interna	Decibeles	Distancia de la fuente
Muro 1. Block macizo 15 cm con recubrimiento en marmol	Sanitarios	81	1 m
Muro 2. Concreto celular 30 cm con ventana cristal 6 mm.	Estacionamiento	80	1 m
Muro 3. Block maciso 15 cm con recubrimiento en estuco	Conversacion	68	1 m
Muro 4. Canceleria con puerta de cristal 6 mm.	Conversacion	68	1 m

Tabla. 14 fuentes sonoras

En tabla 14 se presentan cuatro tipos de muros y las fuentes sonoras internas que afectan el nivel de ruido en el área de oficinas. Se detallan las características de los muros, las fuentes de ruido internas, los niveles de decibeles generados y la distancia de las fuentes a los muros

muro	Muros	Altura (m)	Ancho (m)	Área (m2)	STC (dB)	TL(STC- 3 db)	Transmissi on loss (TLov)	Ruido proveniente del exterior (dB)	Ruido transmitido al interior (dB)
1	Muro Block macizo 15 cm con recubrimiento de marmol	7.00	5.00	35.00	40	37	NA	81	44
2	Muro Muro de concreto celular 30 cm Aplanado en estuco	7.00	14.20	97.24	40	37	28	80	52
	ventana de cristal 6 mm sellado	0.60	3.60	2.16	31	28			
3	Muro Block macizo 15 cm con recubrimiento estuco	7.00	5.00	35.00	45	42	NA	68	26
4	Canceleria de aluminio y cristal 6 mm sellado	7.00	14.00	91.40	31	28	28	68	40
	Puerta de cristal con aislamiento acustico	2.20	3.00	6.60	31	28			

Tabla. 15 evaluación de barreras sonoras

En la tabla 15. se evaluaron los muros con respecto a su capacidad de aislamiento acústico en relación con el límite de 52 decibeles (dB) de ruido permitido en el área. evaluando si los muros son capaces de cumplir con este límite tomando en cuenta los datos de **Ruido transmitido al interior**.

Análisis de los muros:

1. **Muro 1:**
 - **Ruido transmitido al interior:** 44 dB
 - Este muro cumple con el límite de 52 dB, ya que el ruido transmitido es menor.
2. **Muro 2:**
 - **Ruido transmitido al interior:** 52 dB
 - Este muro está exactamente en el límite de 52 dB. Si las condiciones exteriores cambian o si el nivel de ruido externo aumenta, podría superar el límite, por lo que sería recomendable considerar mejoras en el aislamiento.
3. **Muro 3:**
 - **Ruido transmitido al interior:** 26 dB
 - Este muro está muy por debajo del límite de 52 dB, lo cual indica un excelente aislamiento acústico. No es necesario realizar mejoras.
4. **Muro 4:**
 - **Ruido transmitido al interior:** 40 dB
 - Este muro cumple con el límite de 52 dB, ya que el ruido transmitido es menor.

El único muro que se encuentra justo en el límite es el **Muro 2** (concreto celular y ventana de cristal 6 mm sellado). Para asegurar un mayor confort acústico y prevenir posibles aumentos en la transmisión de ruido, se podría mejorar este muro, agregando una capa de material con mayor capacidad de aislamiento acústico o modificando la ventana para aumentar su **STC**.

Conclusión del estudio acústico

El análisis acústico realizado para la sala de espera de terminal de autobuses de Tizayuca mostró que se cumplen con los objetivos de tiempo de reverberación y confort acústico.

Las barreras acústicas cumplen con el requerimiento de mantener el nivel de ruido por debajo de los 52 decibeles (dB), el valor máximo permitido para garantizar el confort auditivo de los usuarios.

Evaluación tiempo de reverberación.

El tiempo de reverberación calculado para la sala fue de 1.18 segundos, lo cual es óptimo para el tipo de espacio. Los materiales seleccionados, tanto en muros como en otros elementos constructivos, ayudaron a reducir adecuadamente la reverberación, proporcionando una mejor claridad auditiva y un confort acústico adecuado para los usuarios.

Aislamiento acústico sala de espera

Todas las barreras evaluadas cumplen con el requerimiento de 52 dB para el espacio analizado. Sin embargo, es importante destacar que el acristalamiento en la barrera norte, aunque cumple con los estándares, presenta una mayor transmisión de ruido (45 dB), lo que lo convierte en uno de los elementos más débiles en cuanto a aislamiento acústico.

A pesar de esto, el nivel de ruido transmitido sigue siendo aceptable dentro de los límites permitidos. Las barreras este, tanto el muro como el acristalamiento de vitro block, destacan por ofrecer una excelente reducción del ruido, con niveles de transmisión muy bajos (9 dB). Se podría considerar una mejora en el aislamiento del acristalamiento de la barrera norte si se busca optimizar aún más el control acústico del espacio sin embargo es un espacio donde se ubican puertas de acceso que constantemente estarán en uso, mitigando el aislamiento acústico.

Aislamiento acústico (Oficinas) sala de espera

Si bien los valores de STC sugieren que podrían hacerse mejoras adicionales en algunos muros, como el acristalamiento y las puertas, los niveles de ruido transmitido al interior son satisfactorios y cumplen con los estándares del espacio. En caso de buscar un aislamiento acústico más estricto, se podrían considerar materiales de mayor rendimiento acústico, especialmente en las áreas donde se utilizan puertas y ventanas.

5.7 Ecotecnias

Para el proyecto bioclimático **Central de Autobuses en Tizayuca, Hidalgo**, la incorporación de **enotecnias** es fundamental para mejorar la sostenibilidad y reducir el impacto ambiental de la infraestructura. Teniendo en cuenta el clima, el uso intensivo del espacio y las necesidades energéticas, en el siguiente estudio se eligieron las enotecnias más eficientes acuerdo a los requerimientos del proyecto.

5.6.1 Captación pluvial

Calculo de cisterna pluvial

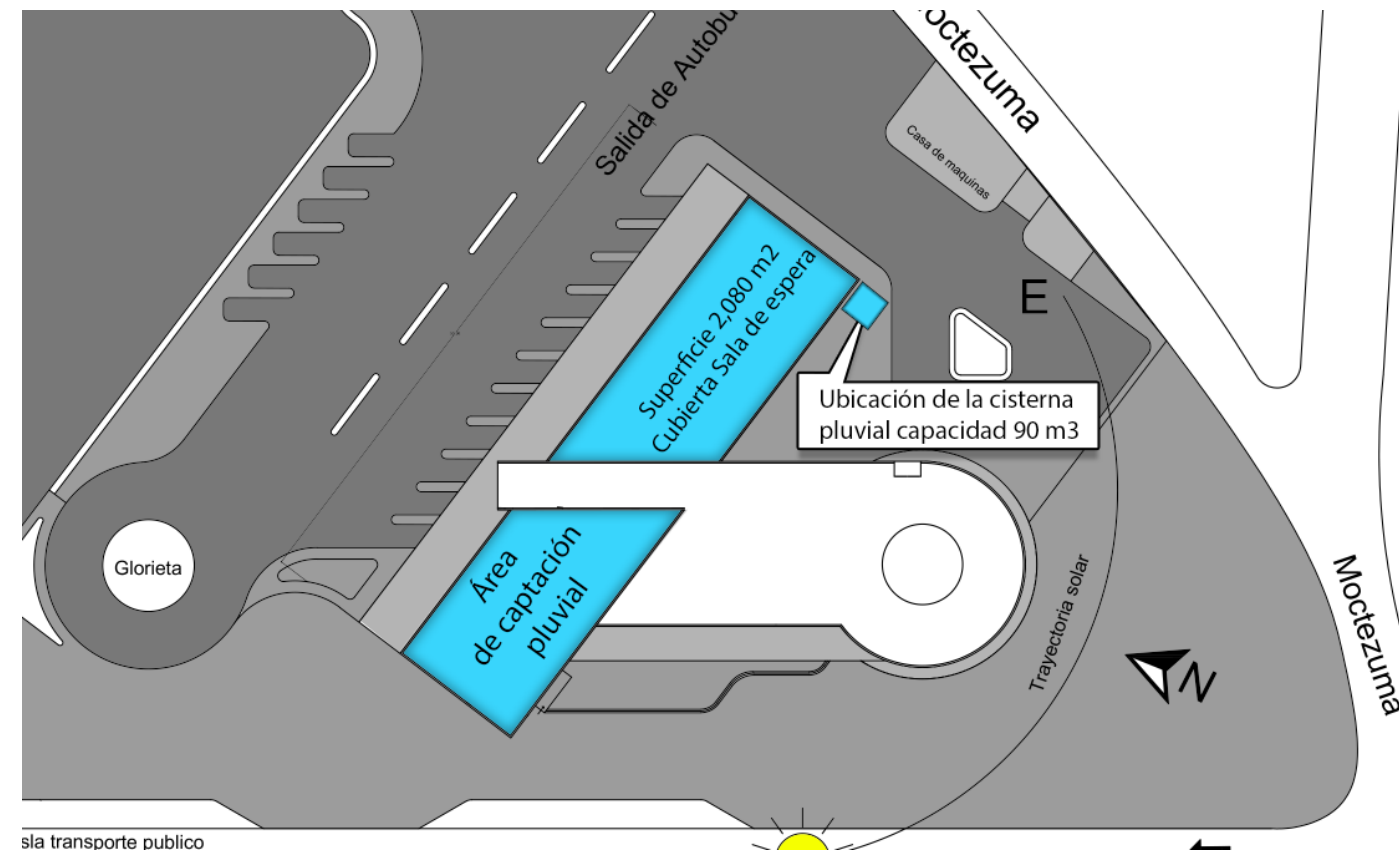


fig. 112 zona de captación pluvial

Para realizar el cálculo de captación de agua pluvial de acuerdo con los **Lineamientos Técnicos de CONAGUA** (Sistema de Captación de Agua de Lluvia con Fines de Abasto de Agua Potable a Nivel Vivienda), usaremos los datos proporcionados:

- **Área de captación (A):** 2080 m². fig. 112.
- **Precipitación anual (P):** 558 mm (que es igual a 0.558 metros).
- **Porcentaje de escurrimiento (C):** 0.95

Fórmula para calcular el volumen de captación:

$$V = A \times P \times C$$

Donde:

- **V** = Volumen de captación en m³ (metros cúbicos) por año.
- **A** = Área de captación en metros cuadrados (m²).
- **P** = Precipitación en metros (m) (1 mm = 0.001 m).
- **C** = Coeficiente de escurrimiento o porcentaje de escorrentía (valor sin unidad).

Paso a paso del cálculo:

1. **Área de captación:**

$$A = 2,080 \text{ m}^2$$

2. **Precipitación anual convertida a metros:**

$$P = 558 \text{ mm} = 0.558 \text{ m}$$

3. **Coeficiente de escurrimiento:**

$$C = 0.95$$

4. **Cálculo del volumen:**

$$V = 2080 \text{ m}^2 \times 0.558 \text{ m} \times 0.95$$

$$V = 1102.344 \text{ m}^3 / \text{año}$$

Resultado:

El volumen de captación de agua pluvial anual es de **1102.34 m³** (o **1,102,344 litros**).

Interpretación del resultado:

Este es el volumen de agua de lluvia que se puede captar en un año, teniendo en cuenta la superficie de 2080 m², una precipitación anual de 558 mm y un coeficiente de escurrimiento del 95%. Este volumen puede ser almacenado o usado para diversos fines, como el abasto de agua potable, según las especificaciones del sistema de captación.

Para calcular el volumen se la cisterna se utilizó el promedio de captación mensual el cual arrojo el siguiente resultado.

$$V = 1102.344 \text{ m}^3 / 12 \text{ meses} = 91.88 \text{ m}^3$$

Redondeando la cifra se propone una cisterna con capacidad para 90 m³

La cual tendrá dimensiones de 6:00 m de largo x 6:00 m de ancho por 2.50 m de altura

Dando un total de **90 m³** de capacidad.

5.6.2 CONCRETO PERMEABLE

Adicional a la captación pluvial se aprovechará dicha precipitación para la recarga de mantos acuíferos mediante el uso de áreas con concreto permeable.

Para lo cual se disponen las siguientes zonas.

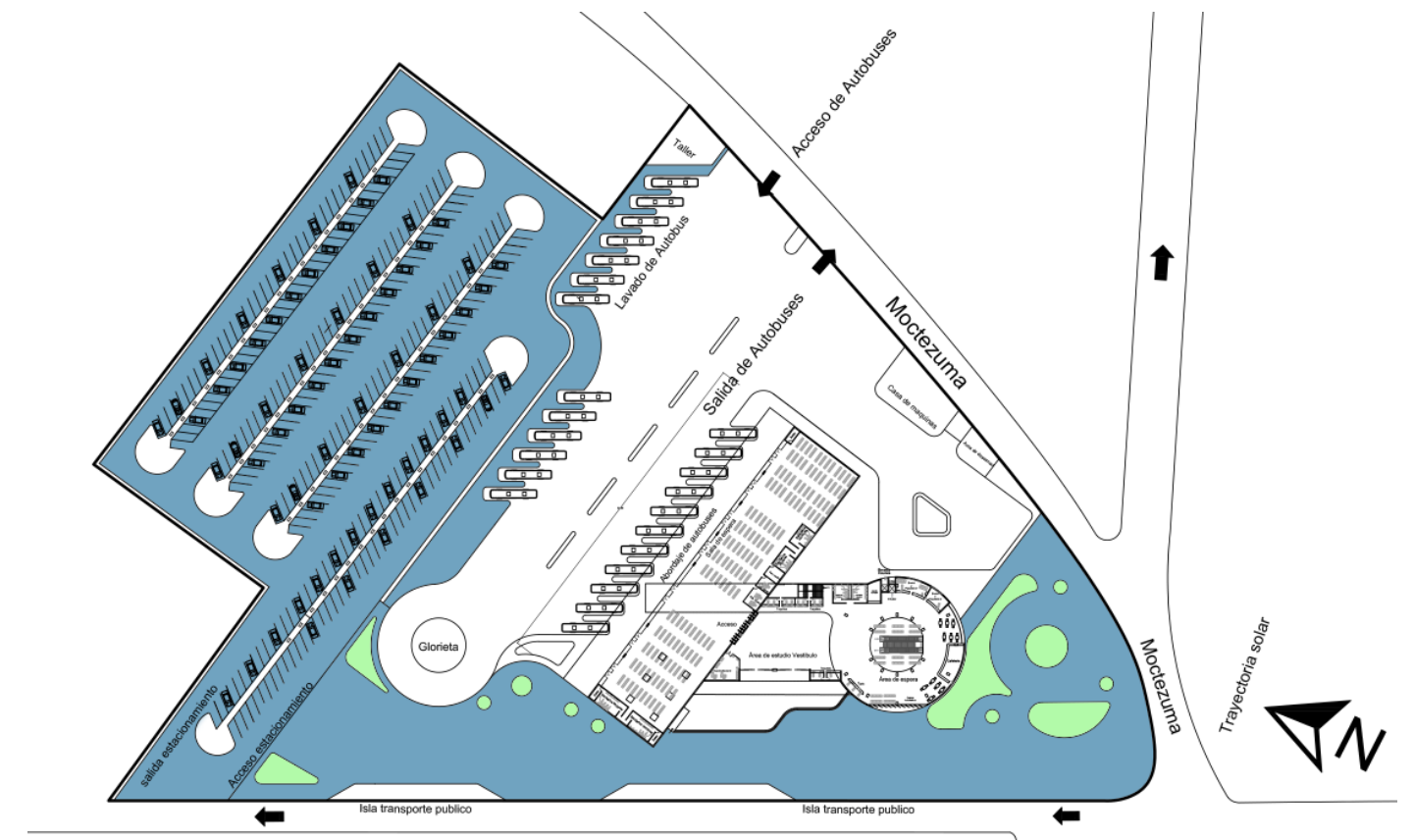


fig. 113 Área permeable en azul

En la fig. 113 se ilustra el área permeable en color azul, teniendo un total de 25,019 m²



fig. 114 propuesta de concreto permeable

El **concreto permeable**, es un tipo de concreto diseñado específicamente para permitir la infiltración de agua al subsuelo. Esto lo hace ideal para gestionar las aguas pluviales y ayudar a la recarga de mantos acuíferos, especialmente en áreas urbanas. Fig.114.

A continuación, se detallan sus principales características:

1. Alta permeabilidad

- El concreto permeable tiene una estructura porosa que permite que el agua de lluvia pase a través de él y se infiltre en el suelo. Puede infiltrarse a tasas de entre **200 a 1,000 litros por minuto por metro cuadrado**, dependiendo de la mezcla utilizada.
- Su porosidad típica es del **15% al 25%** del volumen total, lo que permite una rápida absorción y drenaje del agua superficial.

2. Composición

- A diferencia del concreto tradicional, el concreto permeable tiene una menor cantidad de finos (como arena), lo que permite la formación de vacíos o poros interconectados.

- Sus componentes principales son **cemento, agregados gruesos (grava), agua y aditivos**. No incluye los agregados finos que se utilizan comúnmente en el concreto convencional.
- Generalmente, los tamaños de los agregados varían entre **9.5 mm y 19 mm**, lo que contribuye a su porosidad.

Aplicaciones

Tecnología enfocada a vialidades de tránsito vehicular ligero y tránsito peatonal, tales como:

- Cajones de estacionamiento
- Banquetas
- Ciclopistas
- Parques
- Explanadas
- Desarrollos sustentables

Nota: No es apto para vialidades de tránsito pesado, por ejemplo: vialidades principales, vialidades secundarias, carreteras o patios de maniobras.

Beneficios

- Capta el agua pluvial, reduciendo la acumulación de agua en la superficie, permitiendo su filtración al suelo.
- Disminuye la concentración de calor sobre la superficie, en comparación a pavimentos asfálticos.
- Ofertado como sistema integral, que incluye el suministro y la colocación; asegurando su óptimo funcionamiento.
- Puede diseñarse con color integral.

Propiedades

Estado fresco

Propiedad	Valores
Revenimiento	No aplica
Masa unitaria	De 1,900 kg/m ³ a 2,200 kg/m ³

Estado endurecido

Propiedad	Valores
Resistencia a la flexión	Uso peatonal: 25 kg/cm ² Uso vehicular: 30 kg/cm ² a los 28 días
Coefficiente de permeabilidad	De 1.7 a 12.0 mm / s

Nota: Para valores diferentes a lo establecido en esta ficha técnica consulta al Centro de Innovación y Desarrollo (centrodeinnovacionydesarrollo@cemex.com).

La materia prima y los productos manufacturados son sometidos a un estricto control de calidad. Debido al continuo desarrollo de nuestros productos, la presente puede sufrir modificaciones. Copyright © 2024 / Cemex Innovation Holding Ltd., Switzerland, All Rights Reserved.

fig. 115 Concreto pervia Cemex ficha técnica

La instalación de paneles solares en infraestructuras de transporte, es una medida que contribuye a la sostenibilidad ambiental, la eficiencia energética y la reducción de costos operativos. La central de autobuses de Tizayuca, Hidalgo, es un sitio adecuado para explorar estas posibilidades, dado su potencial de captación solar y el ahorro económico que podría implicar la generación de energía solar para sus instalaciones.

Tizayuca se encuentra en una zona con alta radiación solar. Según datos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y la Secretaría de Energía (SENER), la irradiación solar promedio en la región puede alcanzar hasta **5.5 kWh/m²/día**, lo que coloca a la región dentro de las zonas con alto potencial para la generación de energía solar.

Para calcular el consumo anual de iluminación se obtuvo el metraje total del proyecto el cual fue de 6037 m² y tomando en cuenta una potencia de iluminación de **10 W/m²** y un uso diario de **14 horas**, se generaron los siguientes cálculos:

Paso 1: Calculo la Potencia Total de Iluminación

Multiplicamos la potencia de iluminación por metro cuadrado por el área total del edificio para obtener la potencia total en vatios (W):

$$\text{Potencia total} = 10 \text{ W/m}^2 \times 6037 \text{ m}^2 = \text{Potencia total} = 60,370 \text{ W} = 60.37 \text{ kW}$$

Paso 2: Calcular el Consumo Diario

Multiplicamos la potencia total por el número de horas de uso diario para obtener el consumo diario en kWh:

$$\text{Consumo diario} = 60.37 \text{ kW} \times 14 \text{ horas} \quad \text{Consumo diario} = 845.18 \text{ kWh/día}$$

Paso 3: Calcular el Consumo Anual

Multiplicamos el consumo diario por el número de días en un año (365) para obtener el consumo anual:

$$\text{Consumo anual} = 308,487.7 \text{ kWh/año}$$

Paso 4: Calculo de Potencia Necesaria del Sistema

Para cubrir el consumo diario de 845.18 kWh con energía solar, necesitamos calcular la potencia en kW que el sistema debe generar.

$$\text{Potencia necesaria} = \frac{\text{Consumo diario}}{\text{Horas de sol}}$$

$$\text{Potencia necesaria} = \frac{845.18 \text{ kWh}}{5 \text{ horas}}$$

$$\text{Potencia necesaria} = 169.04 \text{ kW}$$

Paso 5: Calculo de Número de Paneles Solares de 660 W Necesarios

Cada panel solar de **660 W** genera **0.66 kW** de potencia. Dividimos la potencia total requerida entre la potencia de un panel:

Cada panel solar de **660 W** genera **0.66 kW** de potencia. Dividimos la potencia total requerida entre la potencia de un panel:

$$\text{Número de paneles} = \frac{\text{Potencia necesaria}}{\text{Potencia por panel}}$$

$$\text{Número de paneles} = \frac{169.04 \text{ kW}}{0.66 \text{ kW/panel}}$$

$$\text{Número de paneles} = 256.12$$

Redondeando al número entero más cercano, necesitarías aproximadamente **256 paneles solares de 660 W** para satisfacer el consumo diario de **845.18 kWh** en iluminación.

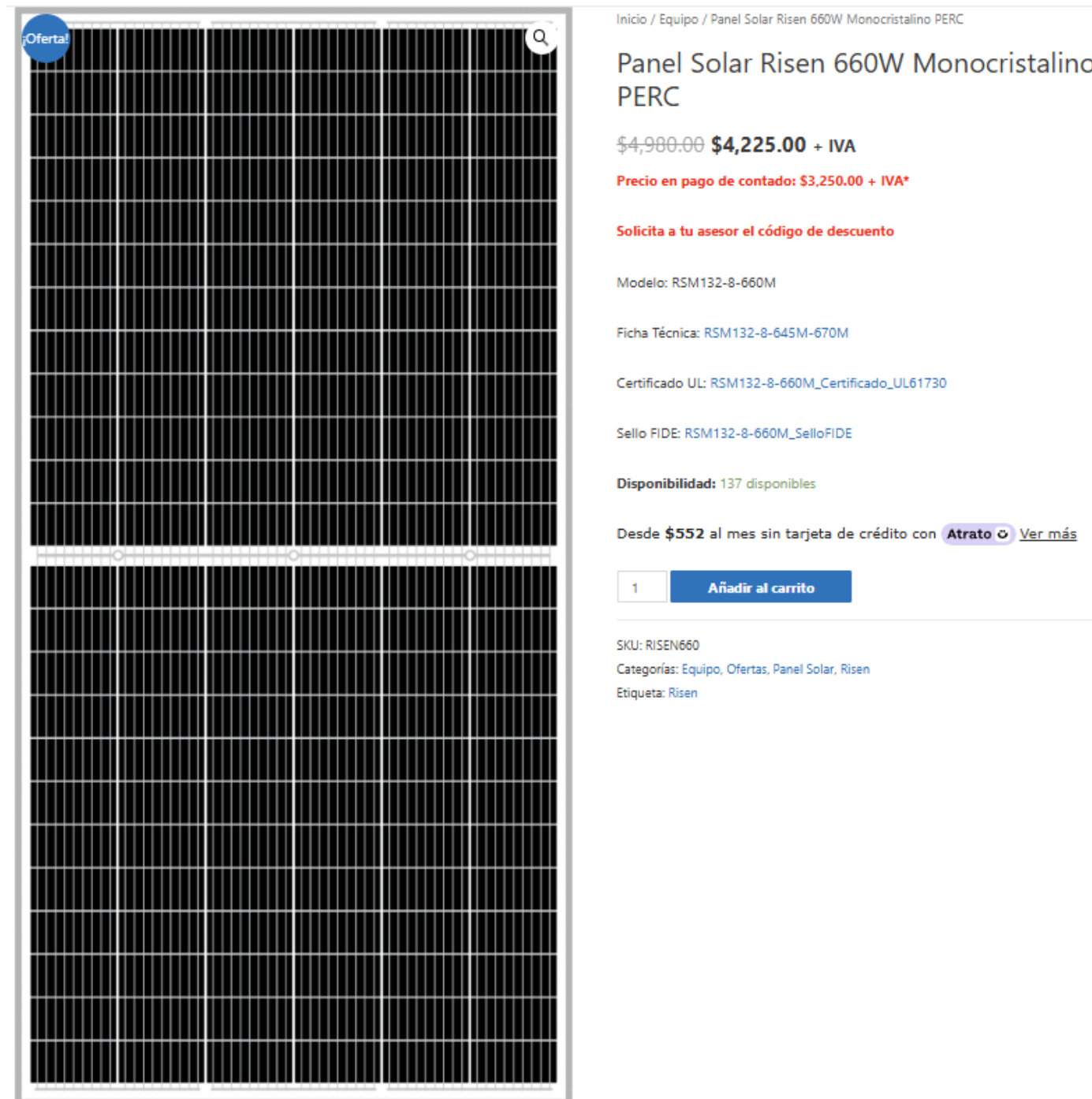


fig. 116 panel solar 660 w

<https://solarpoweram.com/producto/panel-solar-risen-660w/>

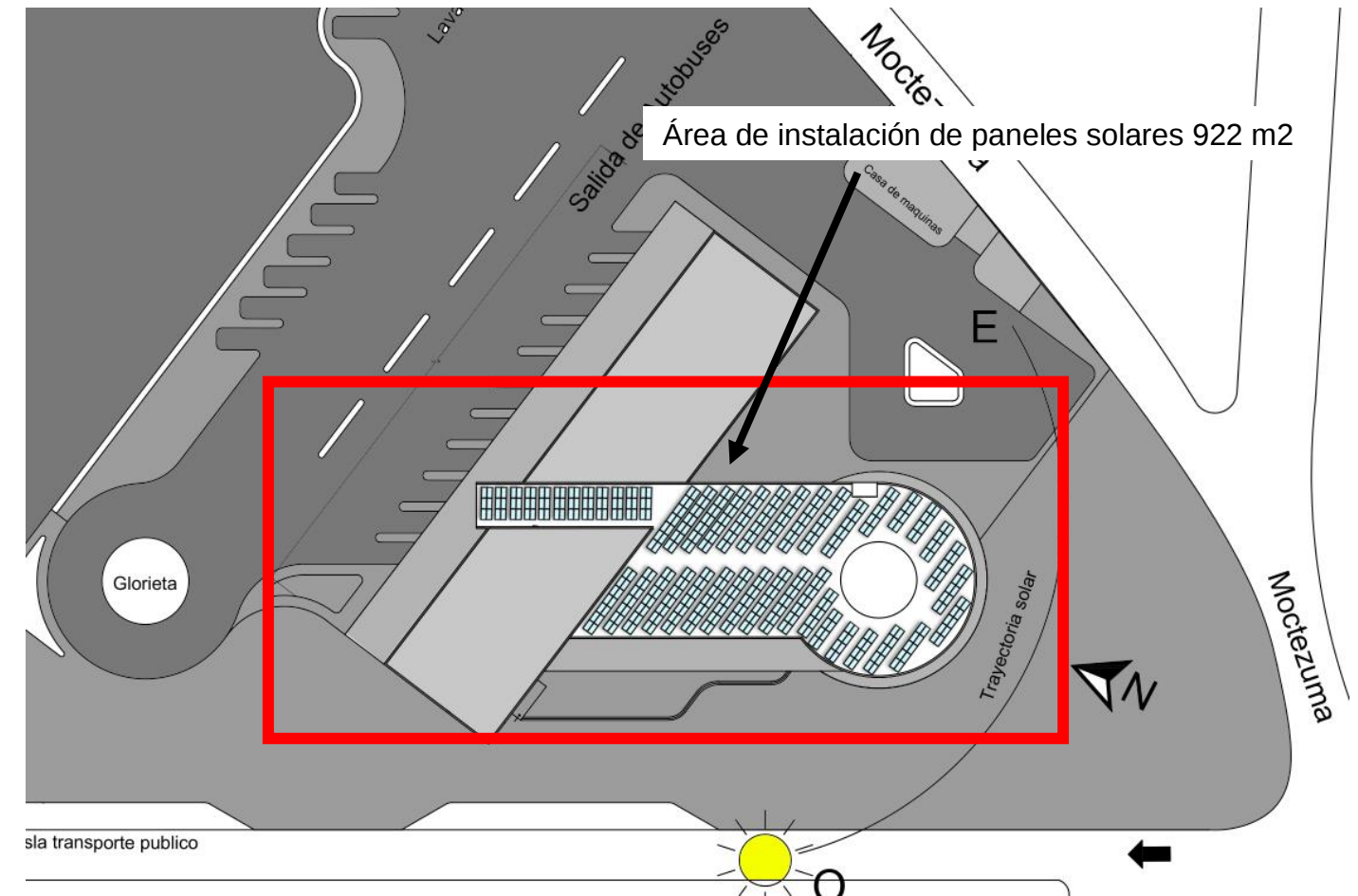


fig. 117 distribución de paneles solares

Para la instalación de paneles solares se cuenta con un área de 922 metros cuadrados para los cuales se buscó la orientación sur con la finalidad de maximizar la eficiencia energética y asegurar que el sistema sea seguro y duradero fig. 117.

Cálculo de capacidad: Se calculo la cantidad de paneles que se requieren de acuerdo a la demanda eléctrica, considerando que cada panel tiene un área promedio de 1.00 por 2.00 m agrupándolos en módulos.

5.6.4. Planta de tratamiento de agua

Para calcular el volumen de la planta de tratamiento de agua, se utilizaron dos promedios diarios de usuarios potenciales, los cuales se dividen en los usuarios locales de Tizayuca que se trasladan fuera de la ciudad para trabajar, y los usuarios promedio diarios del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, recordando que la central de autobuses actúa como punto de conexión con dicho aeropuerto.

Usuarios locales

Aproximadamente **24,000 personas** se desplazan diariamente desde Tizayuca, Hidalgo, hacia la Ciudad de México para trabajar o estudiar. (El Universal).

Usuarios Aeropuerto internacional Felipe Ángeles

El Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA) está movilizandando actualmente un promedio de 16,279 pasajeros al día, con un total de más de 5.9 millones de pasajeros desde su inauguración en marzo de 2022 hasta junio de 2024 (Noticias de turismo REPORTUR).

Sacando un promedio entre ambos tenemos un total de 40,000 usuarios potenciales diarios.

Consumo de agua promedio diario (usuario x m2)

10 litros por usuario de acuerdo a la nom.

Sacando una media podemos determinar un consumo de 25 litros diarios por usuario

10 litros por 40,000 usuarios = 400 m3 de consumo diario

Para calcular una planta de tratamiento de aguas residuales capaz de procesar 1000 m³ de agua diarios, se debe considerar el tipo de tratamiento requerido, los componentes del sistema y el tiempo de retención hidráulica (**TRH**) de cada fase.

1. Determinación del caudal diario

El caudal diario es de 400 m³/día, lo que significa que la planta debe tener la capacidad de procesar esta cantidad de agua en 24 horas.

2. Selección del sistema de tratamiento

La planta incluye las siguientes fases:

- Pretratamiento (Retiro de sólidos grandes y arenas): Esto se hace mediante rejillas y desarenadores.
- **Calculo primer tanque de sedimentación.**
- Tratamiento primario (Sedimentación): En esta etapa, se utiliza un tanque de sedimentación para que los sólidos suspendidos más pesados se depositen en el fondo. Un tiempo de retención típico para sedimentación es de 3 horas.

Volumen del tanque de sedimentación = $400 \text{ m}^3 \text{ día} \times 3 / 24 \text{ horas} = 50 \text{ m}^3$

Esto indica que el volumen del tanque de sedimentación debe ser de **50 m³**.

- **Calculo segundo tanque Tratamiento biológico.**
- Tratamiento secundario (Biológico): En esta fase se usa un sistema de lodos activados, filtro percolador o biorreactor de membrana. El TRH para esta etapa es mayor, 8 horas promedio

Volumen del tanque biológico = $400 \text{ m}^3 \text{ día} \times 8 / 24 \text{ horas} = 133 \text{ m}^3$

Por lo tanto, el volumen necesario para el tanque biológico es de **133 m³**.

- **Tratamiento terciario (Desinfección):** Para desinfectar el agua tratada, se usa un sistema de cloración o radiación UV. No se requiere mucho volumen, pero es fundamental para asegurar que el agua tratada sea segura para su reutilización.

3. Consideraciones adicionales

- Tanque de almacenamiento: con una capacidad mínima para almacenar el agua durante algunos días, de 100 m³
- Lodos: Los sólidos removidos en las etapas de sedimentación y tratamiento biológico deben ser manejados adecuadamente mediante un sistema para deshidratación y disposición de lodos.

4. Dimensiones totales de la planta

- Tanque de sedimentación: 50 m³
- Tanque biológico: 133 m³
- Desinfección: Requerimientos mínimos
- Almacenamiento de agua tratada: 100-200 m³

Opción planta de tratamiento modular

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Modular ASA – JET / Beneficios

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ASA / JET serie 3000, es de diseño flexible, modular y prefabricada de concreto armado, lo que permite aumentar la capacidad según necesidades. Se fabrican 52 modelos ó tamaños con capacidades desde, 500 hasta 1,000,000 de Galones por Día (desde 1.7 M³/día, hasta 3,800 M³/día ó 0.22 litros por segundo hasta 44.0 lps) se utiliza el proceso de biológico de lodos activados en la modalidad de Aireación Extendida para el tratamiento del agua, fig. 118.

Las plantas utilizan módulos de concreto con acero de refuerzo, libres de corrosión y con ingeniería JET, que le garantiza altos estándares de calidad y larga vida útil, las cuales están certificadas por la NSF (National Sanitation Foundation). Se proyecta un diseño modular de la planta, de tal manera que en un futuro se pueda llevar a cabo una fácil, rápida y económica expansión. La operación y mantenimiento de una planta de tratamiento ASA / JET es sencilla y económica.



fig. 118. Planta de tratamiento modular

<https://plantasdetratamiento.com.mx/m/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-modular-asa-jet-beneficios/>

5.6.5. Mobiliario sanitario de bajo consumo de agua.

Se contempla para la central de autobuses, la implementación de equipos sanitarios de bajo consumo de agua que no solo ayuden a reducir el uso de este recurso, sino que también sean eficientes y fáciles de mantener considerando el alto flujo de usuarios.

A continuación, se presentan los equipos más adecuados para la instalación sanitaria.

1.- Sanitario de bajo consumo y doble descarga

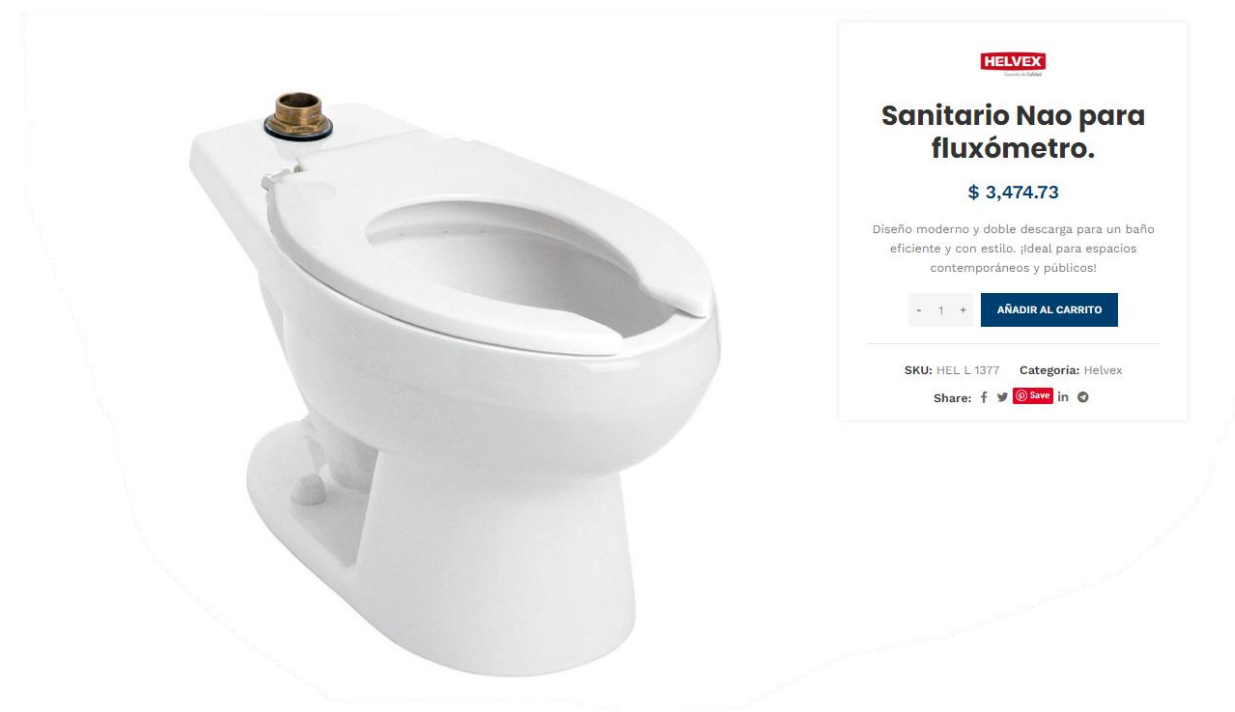


fig. 119 sanitario ahorrador

https://plomeriagarcia.com.mx/producto/taza-flux-nao/?srlid=AfmBOornFuQBwVHBl3_E38GKM3lOcQqCVSQMW6Nbv6qFzGEcKX6MD5-

El sanitario NAO para fluxómetro marca Helvex te ofrece un diseño moderno y elegante, además de un rendimiento excepcional en cada descarga.

Características destacadas:

Diseño elongado: Mayor comodidad y estilo en tu baño.

Trampa expuesta: Facilita la limpieza y el mantenimiento, ¡sin complicaciones!

Doble descarga 3.5 LPD / 4.8 LPD: Elige la opción que mejor se adapte a tus necesidades y ahorra agua en cada uso.

Compatible con fluxómetro: Mayor higiene y eficiencia en espacios públicos o de alto tráfico.

Cerámica de alta calidad: Resistente y duradera.

2. Mingitorio seco



Un **mingitorio seco** es un dispositivo que permite eliminar la orina sin usar agua, lo que contribuye al ahorro de este recurso y minimiza el impacto ambiental.

Beneficios:

- **Ahorro de agua:** Al no requerir descargas de agua, el ahorro es significativo, especialmente en lugares con alto tráfico como terminales de autobuses o aeropuertos.
- **Menor costo operativo:** Eliminan la necesidad de redes de agua y mecanismos de descarga, reduciendo costos de infraestructura y mantenimiento.

Mingitorio Seco Helvex Negev Tds2 Blanco

🔗 Agregar para comparar

Mingitorio Seco Gobi con sistema TDS2 (Tecnología Drena y Sella con Doble esfera).

Cerámica al alto brillo, grado de calidad A, grueso espesor en la cerámica para mayor resistencia, sistema de sujeción reforzado.

Con sistema TDS2 (Tecnología Drena y Sella con doble esfera).

El sistema TDS2 no permite el paso de malos olores.

fig. 120 mingitorio seco

<https://www.surtidor.com/mingitorio-helvex-negev-05301410322.html>

3. llave con sensor o temporizador

Los grifos automáticos con sensores de movimiento o temporizadores permiten que el agua se active solo cuando es necesario, reduciendo el desperdicio. Estos dispositivos suelen cerrar el flujo de agua automáticamente después de unos segundos, utilizando entre 1.3 a 1.9 litros por minuto.



fig. 121 llave con sensor

<https://www.gilisa.com/llave-con-sensor-m-powerc-moen.html>

Descripción

La llave M-Power de Moen es ideal para proyectos lineales o verticales, este modelo brinda optimización y eficiencias en ahorro de agua. Su funcionamiento es por medio de sensor, el cual se activa al movimiento de la mano, su consumo de agua es de 1.9Lpm. Además de ahorrador este modelo es moderno y estilizado, dando un toque minimalista y haciéndolo compatible con cualquier espacio.

4. Fluxómetros de alta eficiencia

Los fluxómetros de alta eficiencia controlan la cantidad de agua utilizada en cada descarga, asegurando que se emplee solo lo necesario. Son comunes en instalaciones comerciales de alto tránsito y pueden configurarse para diferentes tipos de inodoros y urinarios.

Implementar estos sistemas en una central de autobuses garantiza un ahorro considerable de agua y un funcionamiento eficiente de las instalaciones sanitarias en una infraestructura de alto uso.



**FC-110-WC-4.8
FLUXOMETRO
ECOLOGICO C/NIPLE
RECTO 4.8 LT DE
DESCARGA HELVEX**

fig. 122 fluxometro alta eficiencia

<https://megaferreterias.com/shop/fc-110-wc-4-8-fluxometro-ecologico-c-niple-recto-4-8-lt-de-descarga-helvex/>

CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO

Fluxómetro de sensor electrónico de corriente para W.C. con niple recto, botón accionador mecánico, entrada superior para spud de 32 mm y 38 mm, 4,8 litros por descarga.

GASTO: 4,8 lpd.

5.6.6. Propuesta de Muro Verde para la Central de Autobuses en Tizayuca, Hidalgo, utilizando Vegetación Nativa

Objetivo del Proyecto:

Implementar un muro verde en la fachada Central de Autobuses de Tizayuca, Hidalgo, con el fin de mejorar el confort térmico, reducir el ruido y aumentar la biodiversidad urbana. Esta propuesta está basada en el uso de especies vegetales nativas de la región, lo que garantiza un menor consumo de agua, mantenimiento reducido y un impacto positivo en el ecosistema local.

Ubicación del Muro Verde:

El muro verde se ubicaría en la fachada suroeste, donde bloquea como barrera natural la radiación solar directa, además de proporcionar sombra y mejorar el ambiente térmico en el interior de la terminal, como podemos observar en la fig. 123.



fig. 123 Ubicación muro verde

Ubicación muro verde elaboración propia twinmotion 2024

Sistema propuesto para muro verde

Un muro verde continuo es una estructura vertical que está cubierta en su totalidad por plantas. A diferencia de los jardines verticales modulares, donde las plantas se colocan en macetas individuales que se fijan a la pared, un muro verde continuo se caracteriza por tener un sustrato integrado en la propia estructura, lo que permite que las plantas crezcan directamente en él.

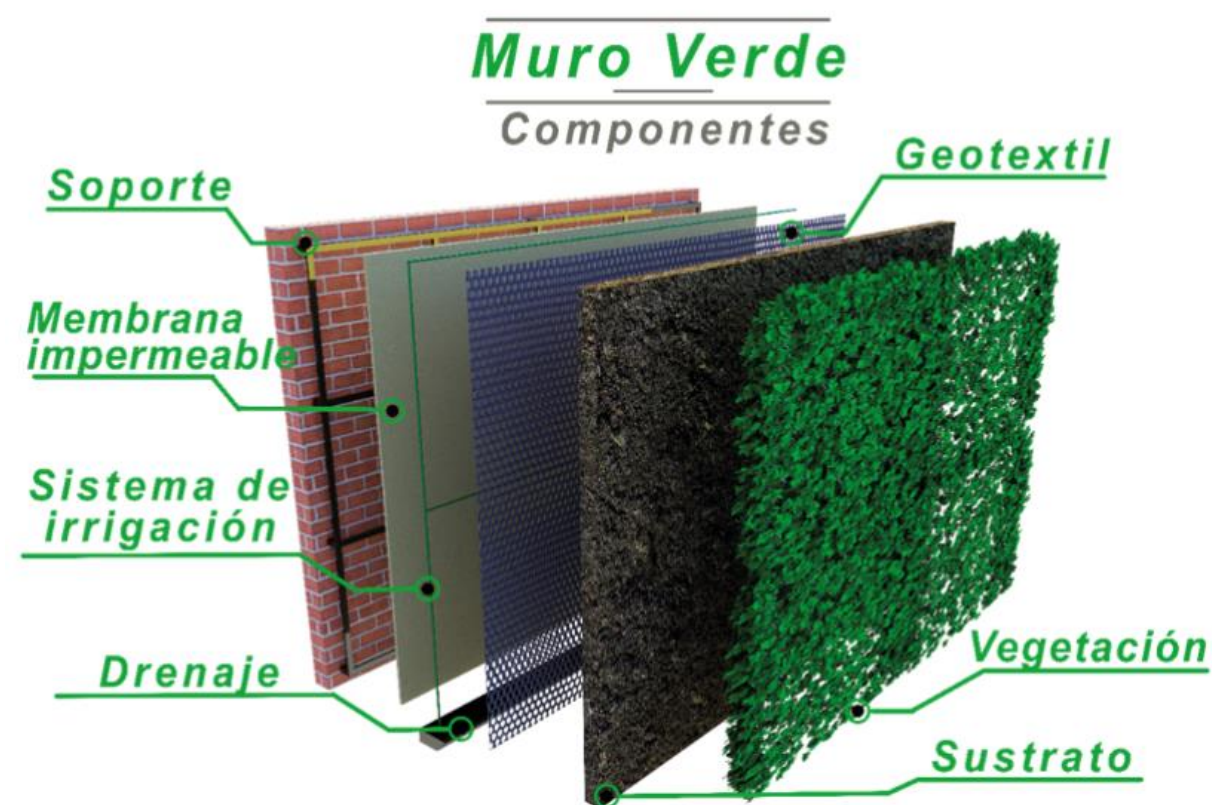


fig. 124 sistema muro verde

<https://www.sabermas.umich.mx/images/stories/65/ARTICULO10E.png>

1. **Soporte:** Es la estructura principal que sostiene todo el sistema del muro verde. En el caso de un muro verde para suculentas, el soporte debe ser suficientemente fuerte para soportar el peso del sustrato, la vegetación y el sistema de riego para el caso en particular se instalara en estructura metálica.
2. **Membrana impermeable:** Se coloca para proteger la pared o el soporte estructural del contacto con el agua, evitando problemas de humedad y corrosión.
3. **Sistema de irrigación:** Aunque las suculentas no necesitan riego constante, se instalara un sistema de irrigación por goteo o con menor frecuencia de uso.
4. **Drenaje:** Es fundamental para evitar la acumulación de agua en el sustrato. Las suculentas son plantas que no toleran bien el exceso de agua, por lo que un buen sistema de drenaje necesario para el mantenimiento correcto de las especies.
5. **Geotextil:** Actúa como una capa de separación entre el sustrato y el sistema de soporte. El geotextil permite que las raíces de las plantas se establezcan, pero al mismo tiempo, retiene el sustrato y previene que se desplace o erosione con el tiempo. En el caso de las suculentas, este material ayuda mantener el sustrato seco en la parte superficial.
6. **Sustrato:** El sustrato para un muro verde de suculentas debe ser ligero y bien drenado, como una mezcla de tierra para cactus, arena y piedras pequeñas. Debe tener la capacidad de retener la humedad necesaria, pero también permitir que el exceso de agua fluya fácilmente.
7. **Vegetación (Suculentas):** Las suculentas son ideales para un muro verde por su baja necesidad de agua y mantenimiento

Beneficios:

- Las suculentas almacenan agua en sus hojas, lo que las hace eficientes en entornos con poca agua.
- El muro verde con suculentas ayuda a regular la temperatura del edificio, proporciona aislamiento térmico y mejora la calidad del aire.

Este sistema completo asegura un muro verde funcional y estético con suculentas, que es duradero y de bajo mantenimiento.

El sistema elegido para el muro verde se ilustra en la fig. 124 donde observamos los componentes que lo integran. A continuación, se describe como se adaptan estos elementos para un muro verde compuesto por plantas suculentas:

Especies Vegetales Nativas para el Muro Verde

1. Sedum (Sedum dendroideum)

- Descripción: Esta planta suculenta es nativa de México y es conocida por su capacidad de almacenamiento de agua en sus hojas carnosas. Tiene un crecimiento bajo y compacto, ideal para muros verdes.
- Características: Requiere poca agua, tolera bien la sequía y puede prosperar en suelos pobres. Sus pequeñas flores amarillas son un atractivo adicional.



fig. 125 Sedum

<https://clubsuculentas.com/wp-content/uploads/2021/06/sedum-dendroideum.jpg>

- 2.- Sedum morganianum (Burrito):** Esta suculenta tiene tallos colgantes y hojas gruesas, lo que la hace ideal para muros verticales.



fig. 126 Sedum morganianum

<https://verdecora.es/blog/wp-content/uploads/2021/04/cultivar-cola-burro.jpg.webp>

Senecio radicans (Cadenas de perlas): Esta planta tiene tallos largos y hojas en forma de perlas, lo que la convierte en una opción atractiva para cubrir muros.



fig. 127 *Senecio radicans*

<https://houseplantcentral.com/wp-content/uploads/2022/09/Senecio-radicans.jpg>

Portulacaria afra (Planta del dinero): Es una suculenta que puede crecer como arbusto y trepar, proporcionando un aspecto verde exuberante.



fig. 128 *Portulacaria afra*

https://plantameloencasa.wordpress.com/wp-content/uploads/2020/11/img_20200906_200835.jpg

Renders finales





Conclusiones

El proyecto bioclimático de la central de autobuses en Tizayuca, Hidalgo, se desarrolló como una respuesta integral a una serie de requerimientos que afectan tanto la conectividad del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA) como el desarrollo económico de la región. La problemática central es clara: una infraestructura de transporte insuficiente y una desconexión entre diferentes medios de transporte. Sin una solución efectiva, el acceso al AIFA seguirá siendo complicado, reduciendo su competitividad frente a otros aeropuertos y afectando el flujo de pasajeros y el crecimiento económico.

Aquí es donde el proyecto de la central de autobuses en Tizayuca cobra vida. Su diseño no solo se enfoca en mejorar la conectividad hacia el AIFA, sino también en integrar soluciones arquitectónicas que optimicen el confort de los usuarios y minimicen el impacto ambiental, aprovechando al máximo los recursos climáticos de la región.

Desde la ubicación estratégica en Tizayuca hasta el enfoque bioclimático, el proyecto está pensado para enfrentarse a las condiciones específicas de la zona: un clima semi-frío y seco, con veranos cálidos y una moderada incidencia solar durante el invierno.

El estudio solar, por ejemplo, ha sido fundamental para determinar la orientación de las fachadas y la selección de materiales que permitan mantener el confort térmico durante todo el año, maximizando la radiación solar en meses fríos y protegiendo al edificio del calor en los periodos más cálidos.

A través de una cuidadosa planificación, el proyecto también aborda el análisis del viento, el cual reveló zonas de alta presión y turbulencia que requerían un refuerzo estructural en ciertas áreas del edificio. Este análisis no solo mejora la estabilidad estructural, sino que asegura que los usuarios puedan disfrutar de un entorno confortable.

El análisis térmico muestra que el espacio mantiene un ambiente generalmente confortable, aunque es necesario prestar atención a los meses más calurosos, donde la temperatura operativa

se acerca al límite superior del confort. Esto subraya la importancia de las estrategias de sombreado y la ventilación cruzada, las cuales están integradas en el diseño.

En términos de normatividad, el proyecto cumple y supera los requisitos establecidos por la NOM-008-ENER-2001, con una reducción significativa en la ganancia total de calor, lo que se traduce en una mayor eficiencia energética. Este logro resalta el impacto positivo de la selección de materiales y el diseño de la envolvente térmica, elementos clave en la creación de una construcción sostenible.

Finalmente, el proyecto no solo optimiza la iluminación natural y la ventilación, sino que también propone estrategias sostenibles como la captación de agua pluvial, paneles solares y el uso de concreto permeable. Estas ecotecnias ayudan a reducir el impacto ambiental del edificio, haciendo de la central de autobuses en Tizayuca un ejemplo de cómo la arquitectura bioclimática puede ser un motor para el desarrollo regional, al tiempo que responde a necesidades funcionales y de confort en un entorno que está en pleno crecimiento.

En resumen, la central de autobuses no es solo un punto de conexión física, sino también un símbolo de cómo la planificación y el diseño inteligente pueden transformar una región, mejorando la movilidad, impulsando el desarrollo económico y cuidando del entorno y el bienestar de sus usuarios.

1. Gutiérrez, A. & González, F. (2014). Arquitectura bioclimática: Principios y aplicaciones. Editorial Reverté.
2. Olgyay, V. (1998). Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Ediciones Gustavo Gili.
3. Szokolay, S. V. (2010). Introducción a la arquitectura bioclimática. Editorial Reverté.
4. Fernández, M. & Gandolfi, G. (2012). Diseño bioclimático en arquitectura: Estrategias para un desarrollo sostenible. Editorial Nobuko.
5. Ruiz de Elvira, A. (2000). Energía solar y arquitectura bioclimática. Editorial McGraw-Hill.
6. Ermann, M. (2015). Architectural Acoustics Illustrated. John Wiley & Sons.
7. Egan, M. D. (2007). Architectural Acoustics. J. Ross Publishing.
8. Everest, F. A., & Pohlmann, K. C. (2009). Master Handbook of Acoustics. 5th ed. McGraw-Hill.
9. Llinares, J., Llopis, A., & Sancho, J. (2008). Acústica arquitectónica y urbanística. Limusa, México.
10. Viqueira, M. (2008). Introducción a la arquitectura Bioclimática. Limusa, México.
11. Aguilar, J. A. (2010). Iluminación natural en la arquitectura: Teoría, normativa y aplicaciones. Ediciones Reverté.
12. López, J. L. (2012). Iluminación en la arquitectura: Natural y artificial. Editorial Gustavo Gili.
13. Moore, F. (2002). Conceptos y principios de la luz natural en la arquitectura. Editorial Reverté.
14. Sánchez, A. (2015). Diseño de iluminación arquitectónica: Estrategias para iluminación natural y artificial. Editorial Trillas.
15. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (2001). Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001: Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales. Diario Oficial de la Federación.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=762798
16. Secretaría de Energía. (2001). Guía técnica para la aplicación de la NOM-008-ENER-2001. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.
<https://www.gob.mx/sener/documentos/guia-tecnica-para-la-aplicacion-de-la-nom-008-ener-2001>
17. Secretaría de Energía. (2020). Eficiencia energética en la edificación no residencial en México: avances y perspectivas. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/580631/Informe_sobre_eficiencia_energetica_en_edificaciones.pdf
18. Conde, D. (2018). Estrategias de diseño bioclimático para el ahorro energético en edificios comerciales en México. Revista Mexicana de Energía, 9(2), 45-56.
<https://doi.org/10.22201/fiei.20070776v9n2.2022>