Universidad Nacional de La Plata

Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Especialización en Arquitectura
Y Hábitat Sustentable

Director: Dr. Arq. Jorge Daniel Czajkowski

Codirectora: Arq. Analía Fernanda Gómez

Trabajo Integrador Final para acceder al título de

Especialista en Arquitectura y Hábitat Sustentable

Aplicación de la técnica DAC a un edificio a localizarse en la Zona Bioambiental IVd con el fin de su sustentabilización ambiental

Arq. Sandra Liliana Carbonell Hibito

Tutor: Arq. Cecilia Corredera

Cotutor: Arq. Ricardo Tartaglia

Marzo 2016

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por todas sus bendiciones en esta aventura de haber estado tres felices años fuera de mi país para estudiar esta especialización.

A mi mami, a su esposo y mi familia

Al director de la especialización Dr. Jorge Czajkowski, la codirectora Arq. Analía Gómez y a María Czajkowski y a todo el gran equipo de profesores.

A todos mis amigos y compañeros de la especialización, Tom, Juan, Robert, Pacita, Laurita Garganta, Anto, Analía, Laurita Romanello, Luji, Guillermina, Rebecca, Emiliano, Pablo, Olguita, Norma, Roland y Silvia. Un agradecimiento especial para Silvia Rossi y Leticia Olivé que me trataron como un miembro más de sus respectivas familias.

A Nancy Rojas y sus amigas, por hacerme la estadía más divertida y por haberme cuidado en los quebrantos de salud que tuve lejos de mi familia.

Un agradecimiento especial para el Arq. Aldo Volpe por haberme ayudado desde el principio hasta el final a cumplir con esta meta y a mis compañeras del estudio en el cual trabajé, Vicky, Ana, Laura y Mercedes, gracias por el apoyo.

INDICE

INTRODUCCIÓN. Encuadre de la problemática donde se inserta el estudio de caso 5

Cambio Climático 5

OBJETIVOS 10

METODOLOGÍA 10

ANALISIS DEL SITIO 11

Ubicación y contexto 11

Clima 14

Confort 21

DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO 25

Implantación general del edificio 25

Documentación gráfica 26

Sistema constructivo del modelo original 29

CRITERIOS PARA ALCANZAR ALGÚN GRADO DE SUSTENTABILIDAD 29

Introducción 29

Envolvente 33

Estudio de asoleamiento para el confort térmico y lumínico 35

Ventilación 43

Climatización 47

Refrigeración 50

Aprovechamiento Geotérmico y Bombas de calor: 52

Colectores solares térmicos 54

Uso racional de Agua 56

Energía eléctrica 60

Paisajismo 62

DOCUMENTACIÓN GRÁFICA DEL CASO MEJORADO 63

Asoleamiento Diseño de las fachadas 63

Ventilación 67

Climatización 68

Agua 69

DEMOSTRACIÓN CUALICUANTITATIVA DE LA MEJORA ALCANZADA 70

Análisis de la envolvente: transmitancia térmica 70

Verificación de la condensación superficial e intersticial. Norma IRAM 11625 77

Ahorro en Calefacción - Calculo coeficiente volumétrico G 81

Ahorro de energía en refrigeración 87

Simulación energética 98

ANÁLISIS TENDIENTE A UNA CERTIFICACIÓN 112

Análisis para la certificación de la norma IRAM 11900 112

CONCLUSIONES 115

BIBLIOGRAFIA 112

REFERENCIAS 114

ANEXOS 116

INTRODUCCIÓN. Encuadre de la problemática donde se inserta el estudio de caso

Cambio Climático

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), en su Artículo 1, lo define como "un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables". La CMCC distingue entre "cambio climático" atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y "variabilidad climática" atribuida a causas naturales.

Este aumento de la temperatura se debe al efecto invernadero, formado por un gas que absorbe radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación (radiación infrarroja) emitido por la superficie de la Tierra y por las nubes. El gas a su vez emite radiación infrarroja desde un nivel en donde la temperatura es más baja que en la superficie. El efecto neto consiste en que parte de la energía absorbida resulta atrapada localmente y la superficie del planeta tiende a calentarse. En la atmósfera de la Tierra, los gases de efecto invernadero son, básicamente: vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2) presente naturalmente de los océanos y respiración vegetal y animal, humanos por uso de energías fósiles como el carbón, gas y petróleo, óxido nitroso (N_2O), proveniente naturalmente de la descomposición de hidrógeno en la tierra y origen humano por fabricación de fertilizantes y combustión del petróleo, metano (CH_4) originados por descomposición vegetal o animal bajo tierra, y de origen humano por los residuos, ganado, y producción petrolera y ozono (O3)i. También se contabilizan otras sustancias tales como los denominados compuestos orgánicos volátiles (COV), emisiones biogénicas, fugas de gas natural, volatilización de combustibles líquidos, procesos incompletos de combustión, solventes orgánicos. Material Particulado (PM10 y 2.5), fuentes naturales (erosión del suelo, erupciones volcánicas, aerosoles marinos) y antropogénicas (tránsito, industrias, construcción). Las emisiones en aire, agua, suelo traen perjuicios graves en la salud. *"La contaminación del aire está asociada con la mortalidad y morbilidad de la población en general: la inflamación de las vías respiratorias lleva a menudo a efectos nocivos en el sistema cardiovascular (OMS, 2006). La contaminación atmosférica y el material particulado se clasificarían en el Grupo I de carcinógenos humanos (OMS, 2013). En los países en vías de desarrollo el 42% del total de las afecciones respiratorias se pueden atribuir a la contaminación del aire (OMS, 2012). El impacto de la contaminación del aire sobre la salud humana constituye la principal motivación para implementar leyes que regulen la calidad del aire"*.ii

El calentamiento global se da porque se emiten más cantidad de CO_2 de lo que el ambiente es capaz de absorber. La acidificación se da naturalmente por los volcanes y durante la descomposición de materia orgánica y los combustibles fósiles que contienen al ser quemados-azufre que liberan a la atmósfera como SO_2. El dióxido de azufre es el causante del smog y principal fuente de las alteraciones respiratorias, otras afecciones y la denominada lluvia ácida.

Mediante modelos matemáticos de simulación, específicamente modelos de calentamiento global (MCG) se han proyectado situaciones que incluyen variables y prefiguran diversos escenarios de acuerdo a más o menos acciones que se realicen para amortiguarlo (Figura 1). Pero definitivamente la tendencia es el aumento de la temperatura global del planeta.

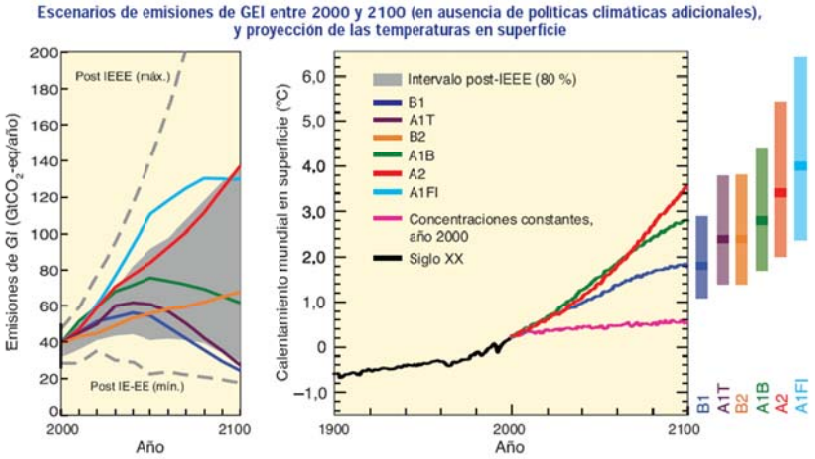


Figura 1: Escenarios posibles. Fuente: IPCC.

El calentamiento climático global se refiere del incremento promedio de las temperaturas del planeta, incluso de los océanos con lo cual se producen grandes tormentas, terremotos, huracanes, tornados e inundaciones como las registradas en los últimos años. También el incremento de temperatura provoca el derretimiento de los glaciares aumentando el nivel del mar. Todos estos factores modifican la temperatura y humedad en los climas en diversas regiones, registrándose valores extremos de calor. Del mismo modo se producen sequías y falta de recursos para obtención del agua potable. Los océanos son cada vez más ácidos por las emisiones de CO_2, perjudicando el ecosistema acuático. Contaminación de las aguas por acción inmediata del hombre con sus desechos. Desertificación y cambios en los ecosistemas. Continuidad de disminución de la capa de ozono. Problemas urbano- sociales, ambientales por pérdida de recursos naturales, especies vegetales (destrucción de los bosques) y animales. iii Una de las primeras premisas desde el Protocolo de Kioto fue y sigue siendo reducir las emisiones y deberían cumplirlo quienes más emiten. En el mapa mundial todos tenemos la responsabilidad de colaborar, aunque evidentemente unos tienen más peso que otros (Figura 2).

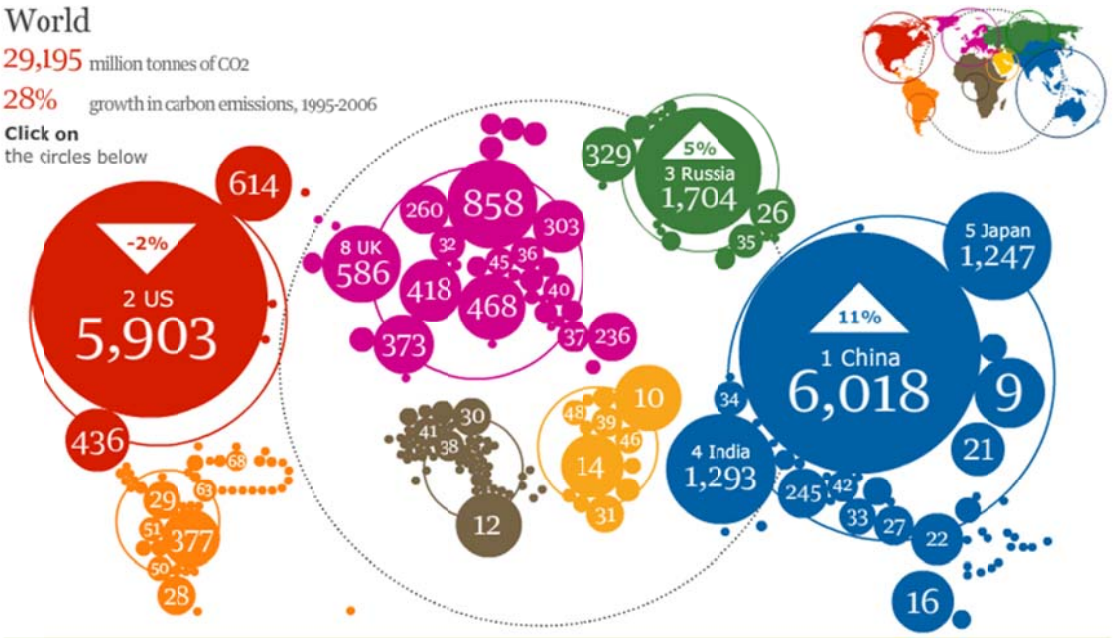


Figura 2: Emisiones mundiales en Ton de CO2. Fuente: The Guardian- Mapa interactivo del Atlas del carbón 2008.[iv]

Igualmente, todos somos responsables a la hora de actuar estableciéndose pautas de mitigación de aquí al 2030, y en otra instancia también se debe considerar el grado de adaptabilidad (vulnerabilidad) de las sociedades y grupos de especies al cambio.

Desde la Organización del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001) se estableció la mitigación para cada situación específica en el área de suministro, transporte, edificios, sistemas de climatización, industria, agricultura, silvicultura, deshechos. La adaptabilidad de cada región está relacionada estrechamente con el desarrollo socioeconómico y la desigualdad de oportunidades. Para la mayoría de estas acciones, es preciso la actuación de los organismos decisores de cada país para el planteo de políticas de Estado, su papel en la educación al respecto, junto a pautas de producción y consumo sostenible, empleando las tecnologías existentes pero promoviendo la búsqueda de nuevas, y ante todo afirmando el bienestar general y asegurando la equidad en el acceso a las necesidades básicas. El alcance de las acciones definirá el grado de impacto ambiental.

Con el aumento de la población mundial a 7000 millones cada vez es mayor el consumo, y solo el 25% de la población consume el 75% de la energía disponible. Pronto los recursos empezarán a agotarse y a pesar de tantos adelantos aun hoy existen poblaciones que no tienen acceso al agua potable. Según la Agencia Internacional de Energía el sector de la construcción y las ciudades consumen el 70% de la energía mundial, y el 50% de la energía producida es para climatización en los edificios. En Argentina el 33% de toda la energía suministrada es para el sector residencial y otros edificios que en total supera al transporte e industrial (Figura 3).Y la energía primaria empleada para satisfacer las demandas, continua siendo mayormente a base del gas natural, petróleo y en muy bajo índice otras como la carbón mineral, nuclear, hidroeléctrica, biodiesel, biomasa (Figura 4).

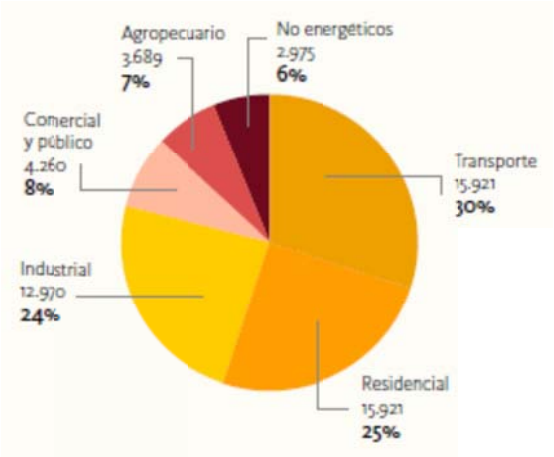


Figura 3. Consumo total de energía por sector en Argentina (Ktep). Fuente: Balance energético Nacional 2010.

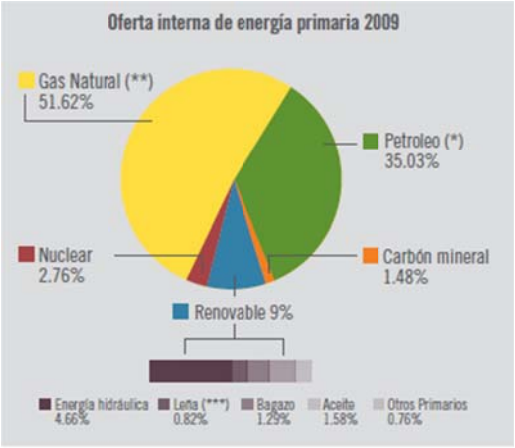


Figura 4. Matriz energética Argentina. Fuente: Secretaría de Energía de la Nación 2009.

En el sector edilicio, el 65% de la energía se emplea para climatización, 15% en la construcción, 10% para agua caliente y otro 10% para el consumo eléctrico; valores similares pueden observarse específicamente en edificios de oficinas en España en la Figura 5 donde el 47% de la energía demandada es para climatización y ventilación, el porcentaje restante del 53% está destinado para la iluminación.

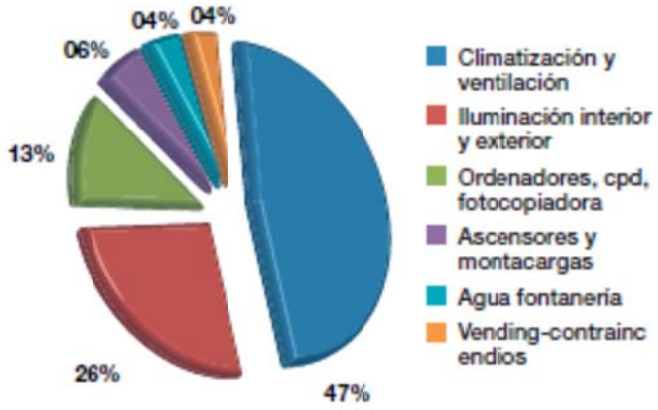


Figura 5. Consumo energía en edificios de oficinas en España. Fuente: Consumos, medidas y potenciales ahorros en edificios. Asociación de Empresas de Eficiencia Energética

La estrategia para paliar esta situación es la concienciación ambiental y pensar en un diseño ambientalmente consciente para los edificios y demás implícito en el ámbito de la construcción que nos concierne a los arquitectos y urbanistas hacedores de las ciudades. El empleo de materiales con bajo contenido energético en su fabricación y en todo el ciclo de vida, tender a un bajo costo en el mantenimiento de los edificios, propiciar la eficiencia energética en diversos niveles, uso de las energías renovables y más eficientes sistemas que contemplan las convencionales (combustibles fósiles), los materiales con baja toxicidad, reciclado y reutilización, son entre otros factores imprescindibles. Cuidando lo existente, con el uso racional de la energía, el agua, nuestro suelo y ecosistemas. De esta manera es posible también reducir las emisiones y promover un hábitat más saludable interior y exterior.

En el texto de la Universidad de Michigan (Jong-Jin Kim & Brenda Rigdon, 1998), se plantearon una serie de principios a considerar para alcanzar este equilibrio, mediante el diseño sustentable y la prevención de la contaminación ambiental. Uno de los conceptos importantes es el del ciclo de vida de los edificios y puede extenderse a cualquier otro diseño teniendo en cuenta durante todas las etapas sus implicancias ambientales. Se habla de la transmigración de los materiales de construcción, *"de la cuna a la tumba",* desde la extracción de las materias primas, su fabricación, transportación, etapa operativa y luego de cumplida su fase utilitaria lo que se hace con ellos, reciclado, reutilizado, o devuelto a la naturaleza. Y los recursos necesarios para el área de construcción, la gran utilización del agua durante la vida del edificio ocupado, y los materiales, que antes, durante y finalmente genera desechos y polución ambiental. Y por otro lado debe ser prioridad el bienestar de quien habitará ese edificio, y respetando su entorno integralmente. A continuación la Tabla 1 muestra una breve síntesis de lo tratado en el texto mencionado organizado en 3 principios:

ECONOMIA Y RECURSOS	CONSERVAR ENERGÍA	Consciencia de los recursos del sitio.Clima y Confort Diseño pasivo calefacción y refrigeración(bioclimático) Eficiencia energética por buen diseño aislaciones Energias renovables para electricidad y calefacción Instalaciones y electrodomésticos eficientes Materiales con bajo contenido energético y local (menos transporte).
	CONSERVAR AGUA	Controlar las características de su provisión Reutilizar aguas grises mediante tratamiento Reducir consumo agua en sistemas eficientes inteligentes con reciclado Empleo de especies nativas en el entorno
	CONSERVAR MATERIALES	Atender al ciclo de los mat. Extracción, fabricación, transporte, reducción de impacto Redaptar materiales : recuperados, reciclados, demolidos (ventanas, madera, ladrillo, acero) Emplear materiales que pueden reciclrse, por lo tanto menor cont, energético Diseñar los edificios y sus sistemas apropiadamente para evitar desperdicios Uso de medidas estandarizadas, normalizadas, menos desperdicio
CICLO DE VIDA	ETAPA PREVIA	En el diseño previo pensar usar materiales hechos con recursos renovables Materiales cuya extracción no implice un gran daño al ambiente Materiales reciclados , bajo contenido energético y salva materia virgen.
	ETAPA DURANTE	Minimizar impacto en el sitio y no alterar mucho preexistencias (topog., drenajes, hidrología) Usar mat, no tóxicos (emisiones gases de pegamentos limpiadors, otros)
	ETAPA POSTERIOR	Evaluar condición estructuras que cumplieron su fase Reutilizar el edificio: conserva C.E. de los materiales y su etapa constructiva. Reciclar materiales : vidrio, aluminio, acero, concreto partido para áridos Reutilizar sectores e infraestructuras (viejos barrios)
CONFORT	PRESERVAR PREEXISTENCIAS	Respetar las condiciones naturales , no alterar radicalmente(topogrfía, microclima) No entorpecer cursos naturales agua; cuidar no contaminar Respetar Flora y Fauna del sitio
	URBANISMO IMPLANTACIÓN	Planificación urbana integrando transporte público y fomentar su uso Promover usos mixtos en la ciudad, activa 24hs, más seguro y mejor relacionada
	CONFORT INTEGRAL	Confort integral: térmico, visual, acústico, aire fresco y limpio Conexión visual exterior: mejor rendimiento física y psicológicamente usuarios No usar materiale stóxicos o emisores de gases. Considera rlas personas con dificultades accesibilidad, edificio +durable, +sustentable

Tabla 1: Los 3 principios del diseño sustentable. Fuente: Jong-Jin Kim & Brenda Rigdon, 1998).Traducido por la autora.

OBJETIVOS

El objetivo específico pretende mostrar que aún en un estado avanzado de proyecto, donde no es posible interferir en la delineación de la implantación, morfología y planimetría según usos, es posible procurar el ahorro energético disminuyendo las cargas térmicas en climatización, por el tratamiento de la envolvente completa, implementar sistemas de ahorro de energía en electricidad, gas y agua potable, posibilidad de emplear energías renovables y sistemas eficientes en el acondicionamiento térmico. Por lo cual una de las premisas es cumplir con la Ley 13059/03 de Acondicionamiento Térmico en la construcción de edificios de uso humano y la 11900 de etiquetado energético. De esta manera, y con buenas prácticas, es factible reducir la huella ecológica del mismo, siendo este aspecto tan importante hoy día, apuntando a la reducción en el consumo energético global y consecuentemente las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero).

En cuanto al caso de estudio en particular, se analizará el alcance de las normas para un edificio de oficinas y locales comerciales.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada fue el análisis del comportamiento energético del edificio según el proyecto original. Luego se procedió a aplicar las modificaciones necesarias en la envolvente con el fin de cumplir la normativa nacional, todo ello para llegar a cumplir con la Ley Provincial en vigencia 13059. Normas IRAM 11601/02, 11603/11, 11604/00,11605/96/02/04, 11625/00/02, 11507-1 y 4, 11659-1 y 2, 11900. Cálculos sin DAC y con DAC.

Se evaluaron las condiciones climáticas con datos provenientes del Servicio Meteorológico Nacional del período 1991-2000. Se realizó un diagnóstico bioclimático con el fin de conocer las estrategias de diseño posibles de aplicar al caso, respondiendo a las pautas establecidas de acuerdo al sitio por la clasificación bioambiental de la Argentina. Se analizó el confort térmico a través de climogramas; utilizando el programa Análisis Byo 21.2 de acuerdo a temperaturas y humedad relativa del lugar. Es importante la interpretación del diagrama psicrométrico de acuerdo al período frío y cálido. Se empleó el cuadro TEMPhORA que establece temperaturas horarias de un día típico por mes.

Se efectuó el estudio de asoleamiento utilizando la carta solar acorde a la latitud del lugar, se trazaron los rayos horarios tanto altitud como acimut. Estos datos fueron incorporados en un cuadro horario con el cual pudo determinarse los requerimientos de ingreso o protección solar. Y gráficamente se incorporaron los lineamientos a la documentación gráfica del proyecto para dimensionar elementos para confort térmico y lumínico interior.

Se realizó el análisis de la resistencia térmica de la envolvente en cuanto al coeficiente de transmitancia térmica (k) del sistema constructivo de muros, cubierta, pisos y tipos de ventanas con valores tomados de las normas antes mencionadas. Se evaluó el caso original y la propuesta de mejoramiento para verificar con el valor k admisible de acuerdo al sitio estableciendo un grado intermedio entre el rango A y B de confort térmico.

También se realizaron los cálculos para confirmar si existe condensación superficial e intersticial entre las capas de los sistemas constructivos seleccionados. El parámetro de verificación está relacionado con la caída de temperatura, resistencia de los materiales y el exterior, el valor de las temperaturas interiores entre capas debe ser menor al punto de rocío.

Se confeccionó la planilla de cálculo para estimar el ahorro de energía en calefacción, con el coeficiente volumétrico G de pérdidas globales, para el caso sin y con DAC; para el mismo se consideró al volumen completo del edificio 38074m3. Se establecieron 3 niveles de análisis: primero para la situación original del caso de estudio con superficies y tipos constructivos, luego se modificó la relación entre superficies opacas y vidriadas; y por último con estas mismas proporciones pero una propuesta mejorada del sistema constructivo y materialidad. Con los

resultados obtenidos se determinaron las cargas térmicas demanda en calefacción, con los grados día mes del lugar (calculados con las medias mensuales del SMN para alcanzar los 20°C de confort térmico de invierno) para una jornada laboral de 10hs.

Para el cálculo de ahorro de energía en refrigeración, se consideraron solo las superficies útiles de las oficinas, 26845m3, descartando áreas de servicio y espacios comunes. Se determina el número de personas para oficinas según normas y según el resultado se calcula la cantidad de equipamiento de oficina. De acuerdo a la cantidad de personas se calcula la cantidad luminarias por oficina. Estos valores se deciden mantener constantes, no se hizo diferencia en grados de eficiencia en los artefactos eléctricos y luminarias. Luego de obtener todas las cargas térmicas internas y externas se obtuvo el valor del coeficiente volumétrico de refrigeración (GR) y la carga térmica de refrigeración (QR) para el caso sin y con DAC. No se contaba con un valor de (GR) y (QR) admisibles para comparar en la norma existente específicamente para oficinas y con el volumen del caso de estudio. Por lo cual tuvo que estimarse a partir de un estudio antecedente que se detallará en el apartado correspondiente.

En primera instancia se realizó una simulación a nivel global con REVIT, este programa es muy útil y rápido para una primera vista general del comportamiento energético. El mismo cuenta con gráficas muy didácticas y útiles de sus cualidades (ver ANEXO).

Posteriormente se realizó una simulación numérica en EnergyPlus de manera de predecir el comportamiento de la envolvente con las modificaciones. Por la envergadura del trabajo y complejidad del mismo en cuanto a procesamiento de datos, se decidió tomar un sector representativo del edifico correspondiente, el cual presenta oficinas en las caras este, norte y oeste, y con las oficinas esquineras con más contacto superficial exterior. Se elaboraron 3 niveles representativos donde se realizó la simulación del nivel intermedio y el superior, para el caso original y mejorado, analizando los gráficos resultantes correspondientes a los periodos de invierno y verano.

ANALISIS DEL SITIO

Ubicación y contexto

Mar del Plata es una ciudad ubicada en el sudeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina sobre la costa del mar Argentino (Figura 6). Es la cabecera del partido de General Pueyrredón, un importante puerto marítimo de ultramar y balneario siendo la segunda urbe de turismo más importante del país tras Buenos Aires ya que en época de verano su población puede aumentar un 311%, por lo que cuenta con una gran oferta de infraestructura de hoteles. Cuenta con aeropuerto y el actual terminal ferro automotor, donde convergen gran cantidad de líneas y personas. Las principales actividades son la portuaria, pesquera, la turística y la industria textil. La actividad principal del puerto, la pesca (conservas, congelado y fileteado), se complementa también con barcos petroleros, cerealeros. Cuenta con una nueva terminal para cruceros de pasajeros (de afuera) y una base naval de submarinos que cuenta con 2 astilleros navales. Entre la gran variedad de industrias se destacan también la derivada de horticultura, la construcción, la metalmecánica y algunas tienen asiento en el Parque Industrial General Manuel Savio. También el sector minero se produce la piedra cuarcita (denominada estilo mar del plata) y arena, la piedra que se extrae se comercializa en forma de granza, piedra de hormigón, bloques para escolleras y usos ornamentales. También se destaca el área de la construcción con el rubro inmobiliario que conforman un fuerte sector para la economía generando cadenas de las relaciones entre insumos materiales y servicios, rangos de empresas constructoras y subcontratistas, en el sector público y privado. Tuvo notoriedad durante la década de los 90 la construcción de hoteles, edificios y viviendas para posteriormente decaer. Siempre ha sido de notable demanda, incrementándose algo hasta 2009 la inversión en torres de departamentos y propiedades PH en relación con el mercado inmobiliario para posteriormente disminuir influenciado por la economía actual. Básicamente la

principal actividad es el turismo considerado como balneario principal de Argentina con casi 50km de costa y varios sitios de interés.v

Figura 6: Mapa con ubicación general en la Provincia y sector urbanizado de la Ciudad de Mar del Plata. Fuente Google Maps. Accedido 13/03/2016.

Culturalmente tiene un amplio espectro de actividades, de importancia nacional como la fiesta del mar y de los pescadores, el festival internacional de cine entre otros, además de varios museos y salas de espectáculos, ferias, el casino y conciertos al aire libre. En los deportes tiene un complejo deportivo que fue subsede del Mundial de Fútbol 1978, sede de los Juegos Panamericanos de 1995 , se jugó la final de la Copa Davis 2008 y donde llevan a cabo otras competiciones nacionales y regionales Es también un importante centro de educación, para lo que cuenta con instituciones educativas de todos los niveles, polo de cultura de varias disciplinas y de variados museos. Además posee canales de televisión abierta y por cable, tres radios AM y una variada oferta de más de cincuenta emisoras de frecuencia modulada.

Varias reformas urbanas se dieron a fines de la década de 1970, varios proyectos controvertidos y trascendentes: la inauguración de la Peatonal San Martín, la construcción de los balnearios en el complejo Punta Mogotes, la demolición de los viejos hoteles sindicales en Playa de los Ingleses, hoy "Varese" y la reforma de la Avenida Constitución y mientras, el Estadio Mundialista para la Copa FIFA de 1978. El desarrollo de Mar del Plata como ciudad balnearia a comienzos del siglo XX dio como resultado que los sectores altos de la sociedad porteña construyeran grandes residencias de veraneo, inspiradas en el pintoresquismo europeo y más tarde en el art decó, conocida como la «Biarritz argentina». Luego entre 1930-1950 arquitectos y constructores locales recrearon y trasladaron las principales características y materiales del chalet californiano, originando un pintoresquismo característico en el chalet marplatense (Figura 7). Debe destacarse también la impronta de Bustillo en el Hotel Provincial y Casino, con un marcado estilo neoclásico.

Figura 7: Tipologías edilicias. Pintoresquismo (izquierda), Tipo chalet (centro), Neoclásico (derecha).

Durante los 60 fue el boom inmobiliario, por lo cual se produjo una notable renovación urbana, con grandes edificios hoteles y torres de viviendas de gran envergadura, y en muchas ocasiones se han derribado los más notables ejemplos de mansiones típicas representantes de las arquitecturas

antes mencionadas (Figura 8). Por suerte muchas de ellas hoy pueden sostenerse por contarse dentro del patrimonio histórico de la ciudad.

Figura 8: Fotos tipologías edilicias torres en altura desde los '60a la actualidad. Fuente: fotografías de la autora.

En cuanto a la orografía, Mar del Plata se inscribe en el denominado Tandilia. Conjunto montañoso del este de Argentina que se extiende entre la llanura de Olavarría, al noroeste, y la costa atlántica abarca una faja de 340 km de longitud con una anchura máxima de 60 km, a cuyos pies se asienta la ciudad de Tandil. En el tramo final, alcanza las sierras de Los Padres alcanzan el océano Atlántico a la altura de la ciudad de Mar del Plata, internándose en el mar como se observa en el acantilado costero y en los puntos extremos que forman al norte la punta Iglesia y el cabo Corrientes, y hacia el sur las puntas Mogotes y Canteras. A nivel geológico, este sistema montañoso corresponde a un macizo de esquistos cristalinos, los llamados estratos de La Tinta, compuestos de areniscas y arcillas, sobre el cual se apoya una cubierta de sedimentos del paleozoico denominado Tandilia tabular. El relieve de las sierras de Tandilia es de acuerdo a la roca sobre la que se ha formado. La forma de domos corresponde a la roca granítica, mesetas a rocas metamórficas y cónicas con base de rocas resistentes. En cuanto a los cursos hídricos, corresponden al sur bonaerense ligados directamente a los sistemas de Tandilia y Ventania. Algunos de estos cursos de agua desaguan en lagunas o se pierden por infiltración mientras que otros vierten sus aguas en el mar, a veces a través de canales. Los regímenes de estos ríos, son netamente pluviales con dos crecidas en el año: una principal en Marzo-Abril y otra en octubre, entre los principales cursos de agua del sur bonaerense se hallan el Quequén y el Río Sauce Grande (en cuyo cauce ha sido construido el embalse paso de las piedras) entre otros (Figura 9). Por otro lado toda la costa en contacto con el mar Argentino, caracterizado por la escasa presencia de isla, se encuentra influido principalmente por dos corrientes: la cálida del Brasil proveniente desde el norte, y la fría de Malvinas que viene desde el sur. Las mareas alcanzan una gran amplitud fundamentalmente en la costa patagónica, con desniveles que a veces alcanzan hasta los 14 metros.

La ciudad de Mar del Plata descarga sus residuos cloacales sobre las aguas de algunas de sus playas, generando un impacto ambiental considerable. Algunos estudios han demostrado que algunas de sus playas no son aptas para bañarse, como en otra ciudades costeras deberían presentarse informes con los monitoreos regularmente. Se ha presentado el proyecto de un emisario submarino para mitigar el impacto de los vertidos sobre las playas que aún se concreta, y además los controles por parte de los organismos responsables no lo hacen debidamente, incluso se registran varias conexiones cloacales clandestinas unidas a las pluviales, lo cual se suma a la contaminación de calles y todo desagua en las playas, arena y mar. Desaparecido el Consejo Municipal de Medio Ambiente, hay pocas probabilidades de consciencia al respecto. Otra situación relacionada con el Cambio Climático y la acción humana con repercusión en las costas se refiere a la erosión natural pero también por efectos antropogénicos. El doctor Jorge Codignotto, investigador principal del Conicet indicó lo siguiente *"Hace unos años, los meteorólogos descubrieron que el anticiclón semipermanente del Atlántico Sur se desplazó ligeramente hacia el sur. Las consecuencias para el Río de la Plata y costas bonaerenses son que hay un poco más de viento del este, un poco más intenso y un poco más frecuente. Esto trajo un leve impacto en el oleaje en los últimos años, un incremento de unos pocos centímetros en la altura de las olas, más*

notorio mar adentro que en la costa y también mayor cantidad de oleaje desde él. Creemos que esto tendrá un leve efecto erosivo sobre la costa… El puerto de Mar del Plata, necesario por razones económicas y sociales, tiene su contracara: las dos escolleras, en especial la del sur, atajan la arena y vacían las playas del norte… A este impacto local se agrega el calentamiento global, que a nivel planetario provoca un incremento en el nivel del mar estimado en 3,8 milímetros por año. Para el año 2100, los expertos del Panel Intergubernamental Sobre Cambio Climático (IPCC) calculan un aumento de 60 centímetros".[1]

En caso de un aumento, estas áreas son muy inundables por su baja cota como en la Bahía de Samborombón cuando se presentan la Sudestada, las tormentas usuales y cada vez más notables registradas en la región.

Clima

Figura 9: Mapa Climático e hídrico de la Provincia de Buenos Aires.

La ciudad de Mar del Plata se ubica en la latitud 37°56' Sur y longitud 57° 35' Oeste, a 5 msnm, correspondiente a la Zona Bioambiental IV Templado Frío (Figura 10). Los datos utilizados para el estudio del clima son los del Aeropuerto del Servicio Meteorológico Nacional (período 1991-2000).

El período estival no es riguroso con temperaturas máximas promedio menores a 30°C. Los inviernos son fríos con valores medios entre 4°C y 8°C , las mínimas medias alcanzan muchas veces valores inferiores a 0°C. Esta zona se subdivide en cuatro subzonas mediante las líneas de amplitud térmica 14°C y 18°C: Subzona IVa. de montaña, Subzona IVb. de máxima irradiancia, Subzona IVc. de transición y Subzona IVd. marítima, en la cual se asienta la ciudad .

[1] Disponible en internet < http://cienciasyestudiosadela.blogspot.com/2013/03/un-caso-para-estudiar-la-costa.html > Consultado 10 de diciembre 2016.

Ubicación y clasificación bioambiental del lugar

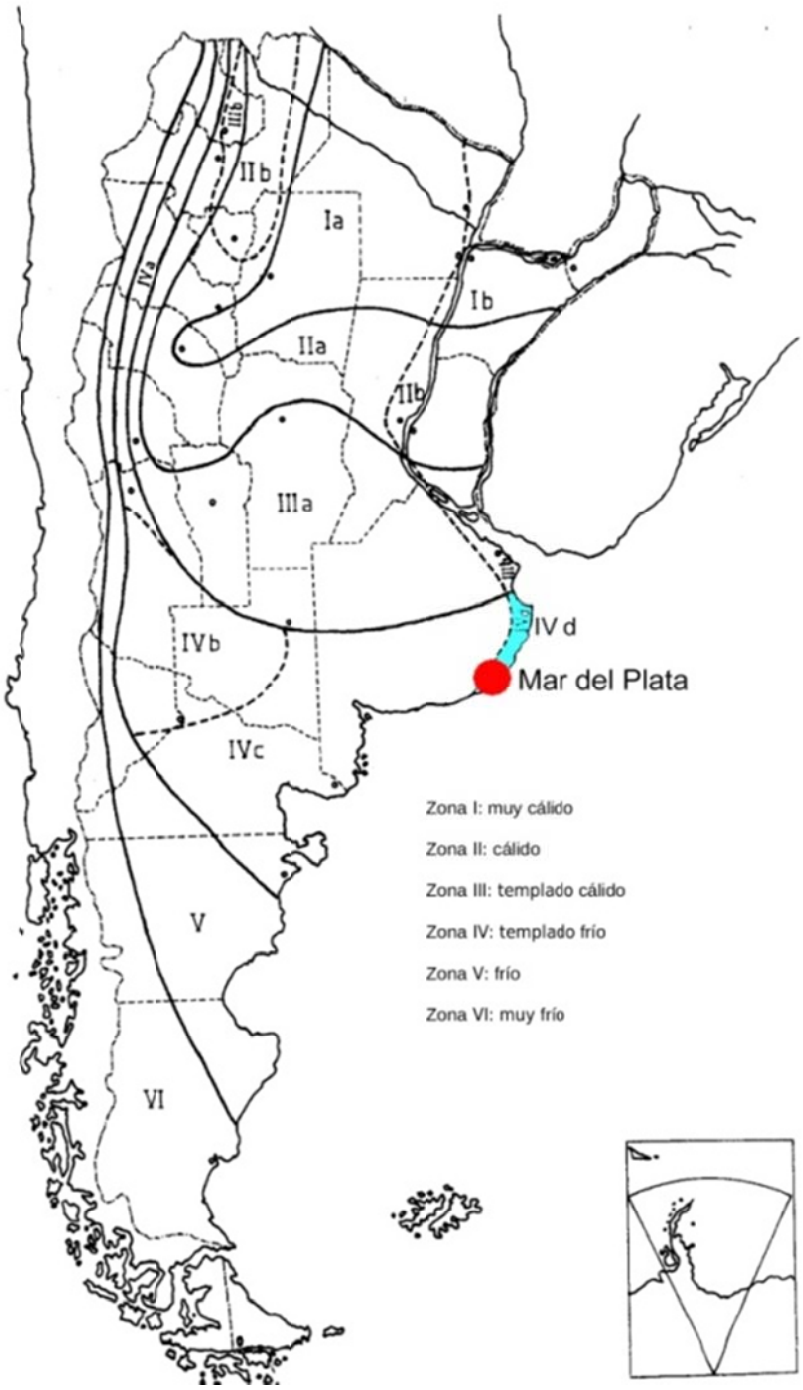


Figura 10. Mapa Bioambiental de la República Argentina. Fuente: Norma IRAM 11603

Tablas de datos meteorológicos

Análisis Solar	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.
Heliofanía efect.												horas/día
	6.20	6.90	4.50	4.00	2.70	2.30	3.00	4.20	3.90	5.60	6.00	5.80
Radiación												MJ/m2día
	24.91	21.50	17.35	12.49	8.85	7.05	7.88	10.62	15.48	18.83	22.89	25.23

Análisis de Temperaturas	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.	°C
Extrema Máxima													
Diff.													
Media Máxima	25.9	24.9	24.1	20.1	17	13.3	12.7	15	16.2	18.6	21.2	24.8	
Media	20.1	19.2	18.45	14.85	11.95	8.85	7.8	9.45	10.65	13.2	15.7	18.6	
Media Mínima	14.3	13.5	12.8	9.6	6.9	4.4	2.9	3.9	5.1	7.8	10.2	12.4	
Extrema Mínima													
Diff.													
Amplitudes	11.6	11.4	11.3	10.5	10.1	8.9	9.8	11.1	11.1	10.8	11	12.4	

Análisis de Precipitaciones	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.	mm/mes
Máximo	156.5	304.7	143.9	370.9	112.3	157	135.5	91.7	75	184.2	145	128.8	
Media	112	160	89	202	65	84	68	49	45	95	82	79	
Mínimo	67	14.7	34	32.3	18.4	10.5	0	5.8	15.8	6.5	18.7	29.9	

Análisis de Humedad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.	%
Media Máxima	85.7	81.3	86.4	88.0	87.8	91.6	88.7	87.6	83.9	81.5	82.0	77.3	
Media	77.6	77.9	79.8	82.7	83.7	82.1	78.9	80.3	79.0	76.7	76.0	72.0	
Media Mínima	69.5	74.4	73.1	77.4	79.6	72.5	69.1	73.0	74.1	71.8	69.9	66.6	

Análisis del Viento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.	Dirección y velocidad: m/s
Predominante	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
Velocidad	5.00	4.78	4.36	4.25	4.44	4.72	4.61	4.44	5.11	5.22	5.44	5.92	
Secundario	N	NE	NE	SE	O	O	SO	N	SO	SO	NE	N	
Velocidad	4.69	5.17	4.92	5.78	3.56	4.42	4.17	4.50	4.86	4.67	5.14	5.31	

Análisis de la Nubosidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.	octas
Nubosidad	3.90	3.60	3.80	4.60	4.60	5.00	4.60	4.20	4.20	4.20	4.30	3.80	

Análisis de otros fenómenos	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.	# días
Cielo claro	8.4	9	8.6	5.2	6.4	4.5	6.2	7.7	7.1	6.6	6.6	9.5	
Cielo cubierto	7.6	6.2	7.1	10.9	11.1	12.2	10.2	9.7	8.9	8.1	9.3	7.3	
Tormenta	7.7	6.4	4.1	3	2	1.3	1	1.8	2.4	4.6	5.3	5.3	
Tempestad arena	0	0	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.1	0	
Helada	0	0	0	0	1.9	4.4	8.2	5.7	2.7	1	0.1	0	
Nieve	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0	
Granizo	0	0.3	0.1	0	0.1	0	0	0	0.1	0.1	0.3	0	
Niebla	3.6	5.1	4.7	6.3	8	7.1	6.1	8.9	6.4	6.1	4.5	2.8	
Preciptaciones	9.7	8.2	8.3	9.7	8.7	10.1	7.7	7.2	8.1	9	9.3	8.3	

Tabla 2: Datos meteorológicos del SMN periodo 1991-2000

Gráficos y Análisis

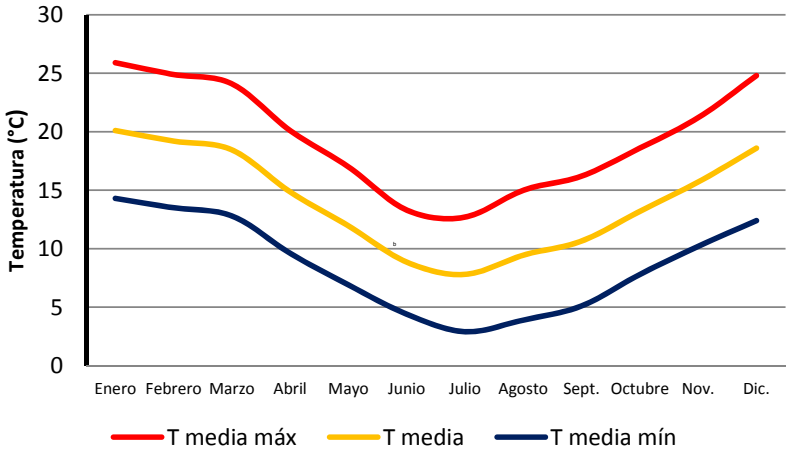


Figura 11: Temperatura anual de bulbo seco. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

La media anual es de 14.07°C con promedio de mínimas en 8.65°C y promedio de máximas de 19,48°C por lo que se desprende que es un clima frío. En la

Figura 11 se osbservan algunas máximas registradas en el verano alrededor de los 25°C (Dic,Ene,Feb) y la más baja media registrada en julio de 2,9°C, el resto del año el valor se acerca al promedio anual antes mencionado. Cabe destacar que no están las temperaturas extremas máximas y mínimas, las cuales si deben considerarse al momento de los cálculos, además que se toman las de diseño. En cuanto a las amplitudes térmicas, el promedio anual es de aproximadamente 11°C.

TEMPERATURAS HORARIAS SEGUN MAXIMA MEDIA Y MINIMA MEDIA

ESTACION:	mar del plata	TEMP.MEDIA ANUAL:	14.1		
FUENTE:	S.M.N.	TEMP.NEUTRALIDAD:	21.97	TMA	14.1

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMP.MED.MAX	25.9	24.9	24.1	20.1	17.0	13.3	12.7	15.0	16.2	18.6	21.2	24.8	19.5
TEMP.MED.MIN	14.3	13.5	12.8	9.6	6.9	4.4	2.9	3.9	5.1	7.8	10.2	12.4	8.7
DIFERENCIA	11.6	11.4	11.3	10.5	10.1	8.9	9.8	11.1	11.1	10.8	11.0	12.4	10.8

HORA	COEFICIENTES	TEMPERATURAS HORARIAS												PROMEDIOS		
														D-E-F	M-J-J	AÑO
1	0.46	19.6	18.7	18.0	14.4	11.5	8.5	7.4	9.0	10.2	12.8	15.3	18.1	18.8	9.1	13.6
2	0.32	18.0	17.1	16.4	13.0	10.1	7.2	6.0	7.5	8.7	11.3	13.7	16.4	17.2	7.8	12.1
3	0.19	16.5	15.7	14.9	11.6	8.8	6.1	4.8	6.0	7.2	9.9	12.3	14.8	15.6	6.6	10.7
4	0.08	15.2	14.4	13.7	10.4	7.7	5.1	3.7	4.8	6.0	8.7	11.1	13.4	14.3	5.5	9.5
5	0.02	14.5	13.7	13.0	9.8	7.1	4.6	3.1	4.1	5.3	8.0	10.4	12.6	13.6	4.9	8.9
6	0.00	14.3	13.5	12.8	9.6	6.9	4.4	2.9	3.9	5.1	7.8	10.2	12.4	13.4	4.7	8.7
7	0.06	15.0	14.2	13.5	10.2	7.5	4.9	3.5	4.6	5.8	8.4	10.9	13.1	14.1	5.3	9.3
8	0.15	16.0	15.2	14.5	11.2	8.4	5.7	4.4	5.6	6.8	9.4	11.9	14.3	15.2	6.2	10.3
9	0.26	17.3	16.5	15.7	12.3	9.5	6.7	5.4	6.8	8.0	10.6	13.1	15.6	16.5	7.2	11.5
10	0.44	19.4	18.5	17.8	14.2	11.3	8.3	7.2	8.8	10.0	12.6	15.0	17.9	18.6	9.0	13.4
11	0.79	23.5	22.5	21.7	17.9	14.9	11.4	10.6	12.7	13.9	16.3	18.9	22.2	22.7	12.3	17.2
12	0.91	24.9	23.9	23.1	19.2	16.1	12.5	11.8	14.0	15.2	17.6	20.2	23.7	24.1	13.5	18.5
13	0.97	25.6	24.6	23.8	19.8	16.7	13.0	12.4	14.7	15.9	18.3	20.9	24.4	24.8	14.0	19.2
14	1.00	25.9	24.9	24.1	20.1	17.0	13.3	12.7	15.0	16.2	18.6	21.2	24.8	25.2	14.3	19.5
15	0.98	25.7	24.7	23.9	19.9	16.8	13.1	12.5	14.8	16.0	18.4	21.0	24.6	25.0	14.1	19.3
16	0.94	25.2	24.2	23.4	19.5	16.4	12.8	12.1	14.3	15.5	18.0	20.5	24.1	24.5	13.8	18.8
17	0.91	24.9	23.9	23.1	19.2	16.1	12.5	11.8	14.0	15.2	17.6	20.2	23.7	24.1	13.5	18.5
18	0.87	24.4	23.4	22.6	18.7	15.7	12.1	11.4	13.6	14.8	17.2	19.8	23.2	23.7	13.1	18.1
19	0.83	23.9	23.0	22.2	18.3	15.3	11.8	11.0	13.1	14.3	16.8	19.3	22.7	23.2	12.7	17.6
20	0.80	23.6	22.6	21.8	18.0	15.0	11.5	10.7	12.8	14.0	16.4	19.0	22.3	22.8	12.4	17.3
21	0.75	23.0	22.1	21.3	17.5	14.5	11.1	10.3	12.2	13.4	15.9	18.5	21.7	22.3	11.9	16.8
22	0.70	22.4	21.5	20.7	17.0	14.0	10.6	9.8	11.7	12.9	15.4	17.9	21.1	21.7	11.5	16.2
23	0.64	21.7	20.8	20.0	16.3	13.4	10.1	9.2	11.0	12.2	14.7	17.2	20.3	21.0	10.9	15.6
24	0.57	20.9	20.0	19.2	15.6	12.7	9.5	8.5	10.2	11.4	14.0	16.5	19.5	20.1	10.2	14.8

Tabla 3: Cuadro de temperaturas horarias realizado con programa TEMPHORA

Del cuadro TEMPHORA se observan temperaturas mínimas registradas a las 6hs y las máximas a las 14hs. En el período estival, se observa que recién luego de las 10am la temperatura alcanza la

mínima de confort (invierno) de 20°C, luego aumentando hasta llegar al máximo mensual aunque en la madrugada es fresco. Desde mayo a octubre toda la jornada de un dia típico es frío, con las temperaturas mínimas en julio. Abril y noviembre a partir del mediodía hasta las 21hs las temperaturas se hallan dentro del rango confortable (bajo).

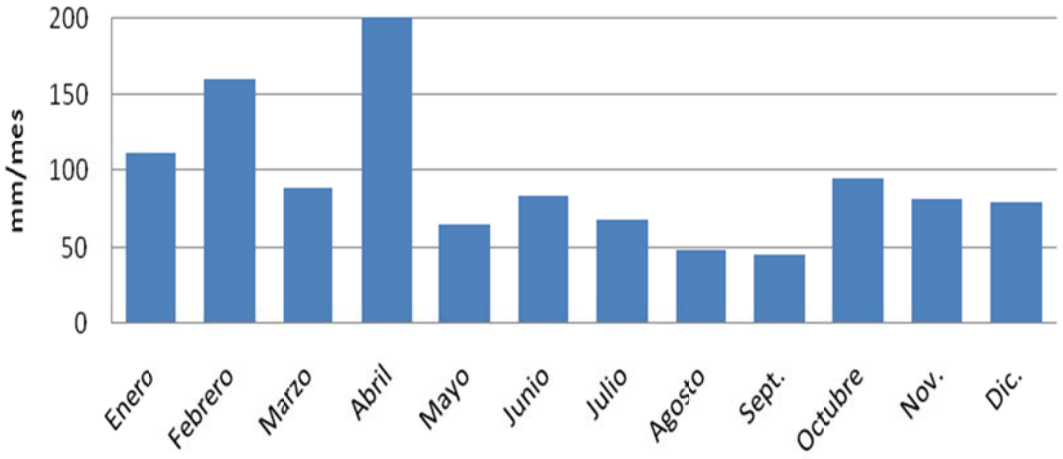


Figura 12: Precipitaciones promedio mensuales. Fuente SMN.

La media anual es 1079mm (94.13mm promedio /mes) e irregular a lo largo del año (Figura 12). Se destacan sobre todo en febrero y abril, alrededor de 180mm; el resto del año promedios similares al anual, siendo menor en julio (mínimo sin lluvias) y septiembre con promedio mínimos a 45mm.

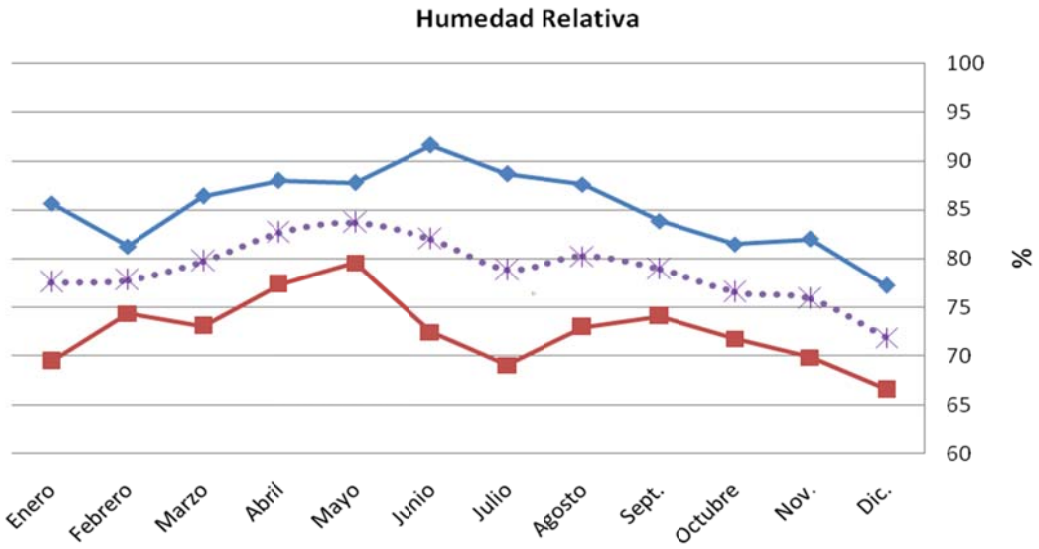


Figura 13: Humedad relativa máximas, medias y mínimas. Fuente: SMN

El valor anual de la humedad relativa es casi 79%, con la máxima media registrada en junio de 91,6% de humedad y la mínima en diciembre con 66.6%. Atendiendo a la gráfica puede suponerse que es sumamente parejo a lo largo del año, con mayores amplitudes durante período invernal.

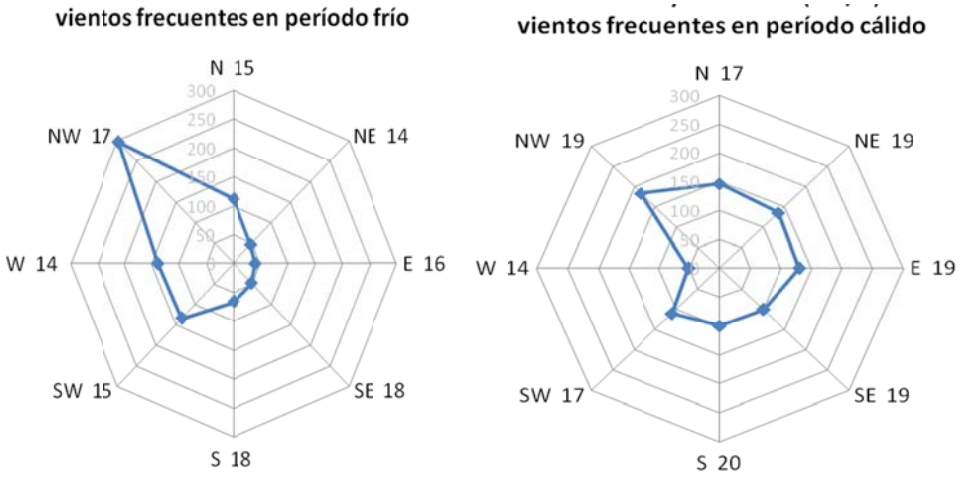


Figura 14: Gráficos dirección y velocidad (km/h) vientos frecuentes en períodos frío y cálido. Fuente SMN.

El viento predominante anual en esta zona costera es el NO, sobre todo durante el periodo invernal con una velocidad promedio de 17km/hora (4.71m/seg). Los vientos en segunda instancia más frecuentes son variables: N en diciembre, enero y agosto, NE febrero, marzo y noviembre, SE abril con la mayor velocidad, O mayo-junio y SO en julio. Durante la temporada estival son más fuertes en general.

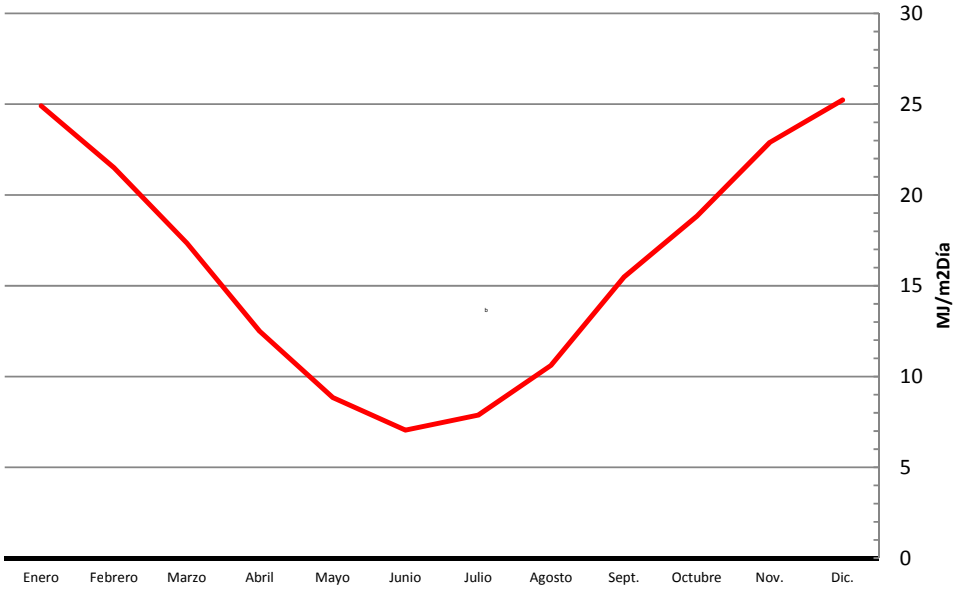


Figura 15: Gráfico Radiación solar. Fuente NASA.

Los meses con mayor radiación son noviembre, diciembre, enero y febrero promediando los 24MJ/m^{2}día y desciende en estaciones intermedias, hasta llegar a las mínimas en promedio de 7,5MJ/m^{2}día en junio y julio.

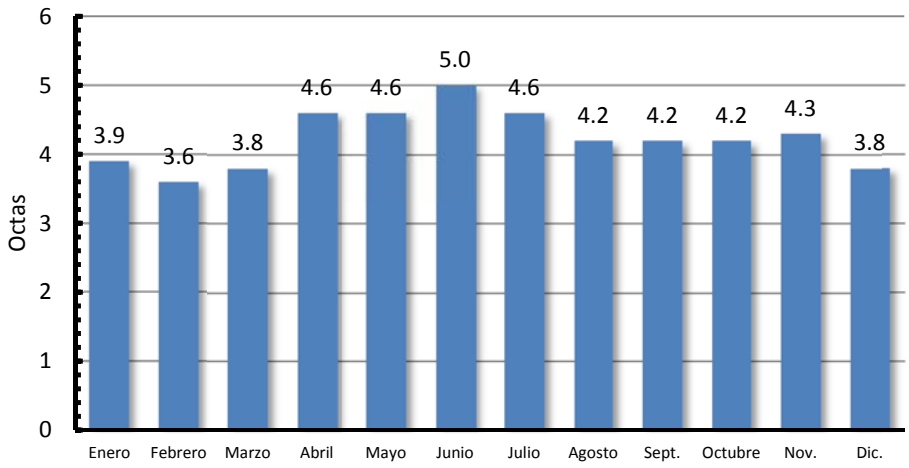


Figura 16: Nubosidad predominante medido en octas

El indice de nubosidad de promedio anual es 4/8 octas, que se definen como la unidad de medida para contabilizar la nubosidad en el cielo se considera a la totalidad del cielo a dividir en 8 y acorde a la proporción se estima, o sea que es usual el cielo con presencia de nubes. Se observa el mayor índice de nubosidad durante abril, mayo , junio y julio, máxima en junio y descendiendo sobre todo en febrero.

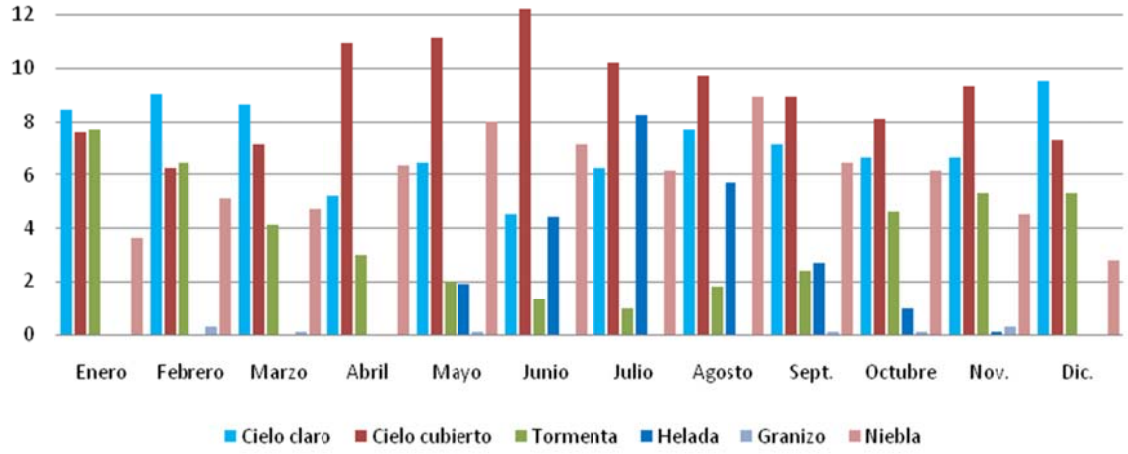


Figura 17: Gráfico de otros fenómenos meteorológicos (número días en el mes) Fuente: SMN.

Entre el cielo claro y cubierto, en promedio anual serían 7 y 9 días respectivamente durante abril, mayo, junio, julio. La mayor cantidad de días de tormenta son registrados de octubre a febrero, siendo más fuertes durante el verano. Al mismo tiempo las precipitaciones se dan durante todos los meses del año, promediando los 9 días al mes, siendo los más lluviosos enero, abril y junio. Otro factor que se registra durante todos los meses es la niebla con un promedio de 6 días mensuales, sobresaliendo en mayo y agosto. Las heladas se observan cerca del periodo invernal, con valores entre 2 y 8 días al mes entre mayo y septiembre.

Para la elaboración de los cálculos de cargas térmicas en calefacción y refrigeración, se toman los valores de las temperaturas mínimas y máximas de diseño las cuales se encuentrandentro de la norma 11603, entre otros datos. A continuación se muestran los datos mencionados de las tablas. [vi]

ESTACIÓN	P	LAT	LONG	ASNM	TMED	TMÁX	TMÍN	TMA	TDMN	PREC	H R	HELRE	VM	GD16	GD18	GD20	GD22
MAR DEL PLATA (AERO)	BAP	-37,93	-57,58	21	9,38	14,4	4,4	-9,3	-4,4	239	82	3,1	14,3	1212	1707	2277	2917

ESTACIÓN	P	LAT	LONG	ASNM	TMED	TMÁX	TMÍN	TMA	TDMX	PREC	HR	HELRE	VM
MAR DEL PLATA (AERO)	BAP	-37,93	-57,58	21	19,43	25,2	13,6	39,3	35,6	372,9	76,3	6,0	16,6

Tabla 4: Datos climáticos a de invierno y verano Norma IRAM 11603:2011 a considerar para cálculos.

Confort

En cuanto al diseño del espacio para ser habitado por el hombre, la premisa esencial es asegurar su confortabilidad, *"La zona de confort podría describirse como el punto en que el hombre gasta la energía mínima para adaptarse a su entorno"* (Olgyay, Frontado, &Clavet, 1998). Básicamente la sensación de confort es subjetiva, depende de la edad, sexo y condiciones culturales; pero para su diseño se toman índices promedios. Principalmente influye la temperatura, humedad relativa, velocidad del aire, y temperatura de la superficie de los objetos y por lado del hombre, su capacidad de reaccionar, el metabolismo, la ropa y temperatura de la piel. Todos los factores deben estar en equilibrio para estar en confort, y también depende de la actividad que se desempeñe en ese sitio y la cantidad de ocupantes. Para el diseño se estima un promedio, sin contabilizar las acciones para alterarlo de los mismos ocupantes. Otros factores que influyen en el confort corresponden a la iluminación, los ruidos, las vibraciones, la calidad del aire interior, los olores y la contaminación. Con respecto a la calidad del aire interior existen conceptos tales como el *síndrome del cansancio crónico* y el *síndrome del edificio enfermo (SEE)*[vii], que se refiere cuando los usuarios de un edificio sufren constantemente de problemas de salud e incomodidad, sin que exista una enfermedad definida que lo esté causando.[viii]

Se han determinado de un modo general, unos parámetros de bienestar (confort de invierno y verano), teniendo en cuenta la temperatura y la humedad relativa del ambiente exterior. Los denominados climogramas de Olgyay (1963) y Givoni (1969)(Figura 18), permiten estimar las condiciones dadas, y de acuerdo a ello, las posibles estrategias de diseño para alcanzar el confort con recursos pasivos en primera instancia. De estos elementos y la observación de la naturaleza y el pragmatismo de sus habitantes, se basa la arquitectura bioclimática.

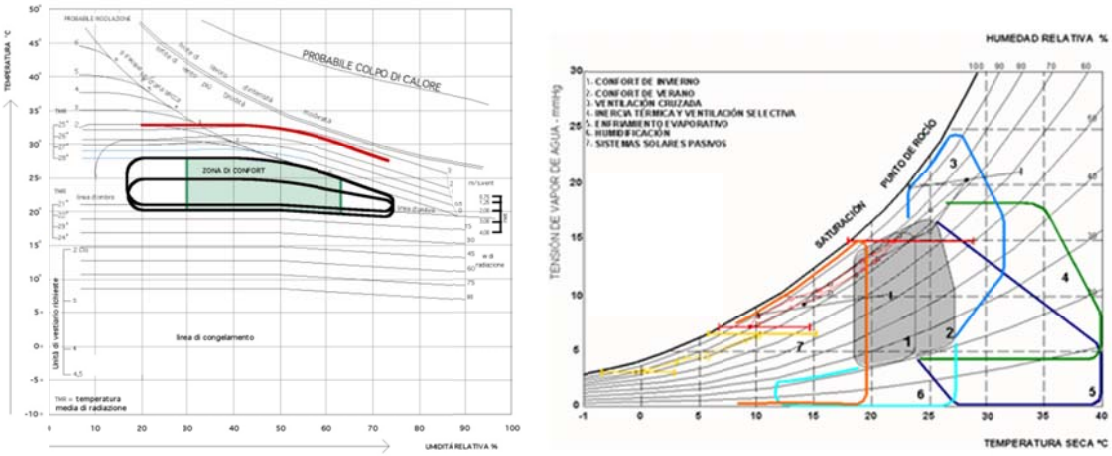


Figura 18: Diagrama psicométrico de Olgyay (izquierda) y Givoni (derecha).

La arquitectura bioclimática y la arquitectura solar pasiva tienen, similares orientaciones conceptuales. El concepto de casa pasiva, aparece a fines de los años setenta con el libro de Edward Mazria (1983) *La casa solar pasiva*, mostrando ejemplos (Figura 19) donde prevalece el

aprovechamiento del sol para brindar calor y sistemas de refrescamiento sin necesidad de aportaciones mecánicas para su funcionamiento. Los sistemas activos si incluyen algún mecanismo extra. La idea es emplear la menor cantidad de energía posible y es bueno también crear disposiciones confortables al exterior.

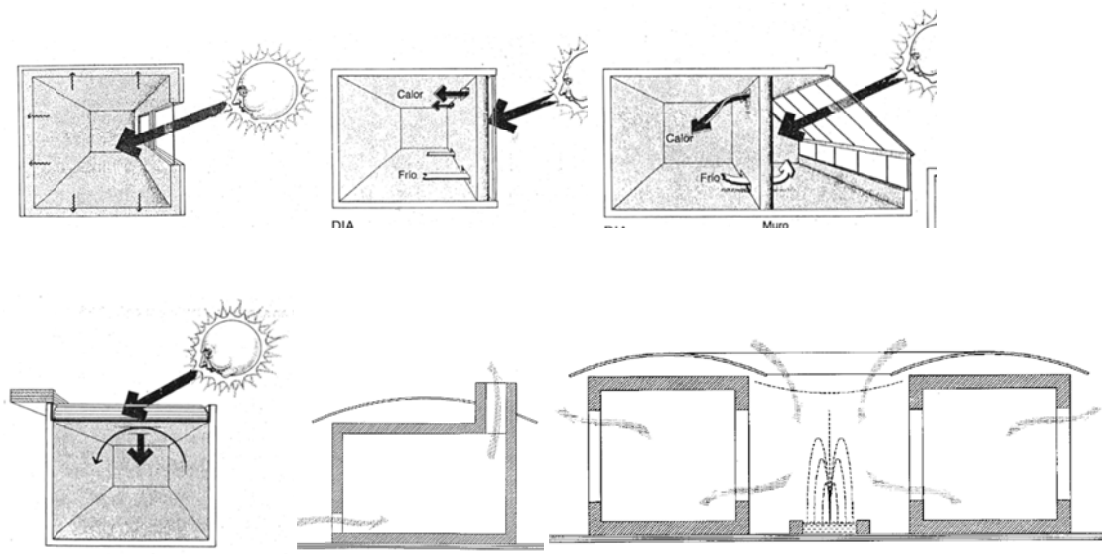


Figura 19: Esquemas de climatización pasiva, calefacción y refrescamiento. Fuente: Mazria, Edward

Análisis del Confort higrotérmico para Mar del Plata

Con el diagrama psicrométrico de Givoni (Figura 20), se muestra las características climáticas en cuanto a temperatura y humedad en Mar del Plata, respecto del rango de confort. Cabe destacar que este diagrama tiene un rango de temperaturas de confort entre 18°C a 29°C, porque pertenece al Programa AnalisisBio de la Universidad de Santa Catarina en Brasil pero en Argentina se considera la temperatura mínima de confort en invierno 20°C, y la de diseño para verano 26°C.

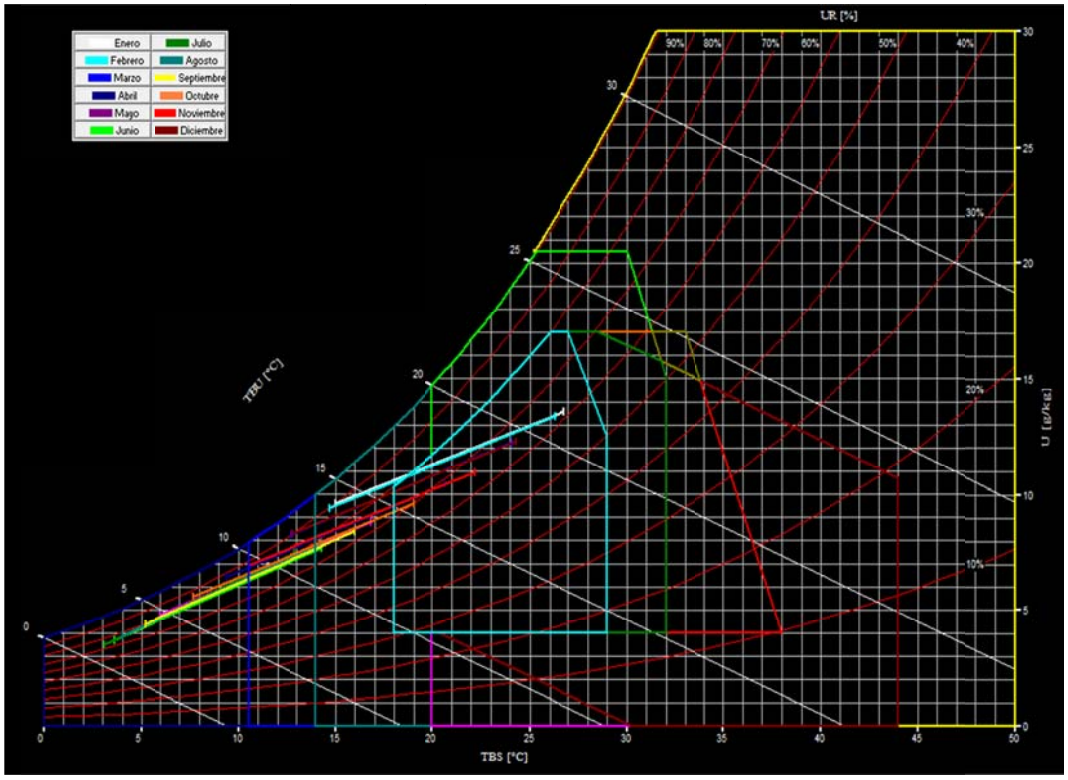


Figura 20: Diagrama de Givoni. Programa Analysis BIO- Labeee

Interpretación del diagrama de acuerdo a los resultados

- Enero y febrero: sus características son similares , aproximadamente el 66% del tiempo se encuentran en confort, pero cuando las temperaturas se hallan por debajo de los 18°C y hasta los 14°C, es primordial contar con ganancia directa durante el día y alta inercia térmica en materiales.

- Marzo: El 55% del período es confortable, el resto del tiempo debe recurrirse a la ganancia directa junto a la efectividad de alta inercia térmica en los materiales de la envolvente.

- Abril: Los índices de confort se reducen casi a la mitad, en un alto porcentaje deberá contarse con calefacción solar y alta inercia térmica un tanto y otro tanto con pasiva retardada, y cuando las temperaturas exteriores sean menores a los 10°C es preciso recurrir a la calefacción artificial(convencional).

- Mayo: no se observan períodos dentro del rango de confort. Se hace necesario la calefacción por ganancia solar directa e indirecta con alta inercia térmica en los materiales cuando las temperaturas oscilan entre los 10°C y 14°C; en valores menores, el uso de la calefacción artificial.

- Junio y Julio: en estos meses la mayoria del tiempo es indispensable el uso de calefacción artificial (64% junio y 75% julio) para alcanzar índices cercanos al confort interior, el resto del tiempo, calefacción solar pasiva ganancia indirecta con alta inercia térmica.

- Agosto y Septiembre: similares, con empleo de calefacción artificial 63% en agosto y 50% en septiembre, el resto del tiempo ganancia indirecta y alta inercia térmica, y aumentando la posibilidad de ganancia directa para calefaccionar el interior, gracias al aumento delas temperaturas exteriores.

- Octubre: reaparece una franja de tiempo en confort con posibilidad de mejorar el ambiente interior con ganancia directa e indirecta junto a la alta inercia térmica, pero seguirá siendo necesario la calefacción artificial.

- Noviembre: el bienestar crece a un 36%, y las temperaturas menores al límite de 18°C pueden mejorarse con calefacción solar de forma directa e indirecta en proporciones similares.

- Diciembre: el porcentaje de bienestar es mayor (18° y 24°C) pero aún sera primordial aprovechar la ganancia directa y alta inercia térmica de materiales para mejorar la temperatura interior.

Recomendaciones de diseño

De acuerdo a los datos analizados, se presume al clima de la ciudad como frío- fresco, seguramente por influencia del mar y vientos. La orientación recomendada para esta zona costera es NO-N-NE- E, de modo de aprovechar lo mejor posible la trayectoria solar. Y que los locales en la composición edilicia sean más bien compactos, con aberturas medianas y pequeñas en las orientaciones no favorables. Por las características de frío y posibles amplitudes térmicas, es preciso que los muros, techos y pisos sean macizos, para actuar como masa térmica favoreciendo que la ganancia obtenida sea aprovechada durante la noche, madrugada o aquellos días posteriores con nubosidad o tormentas, estimándose un retardo entre 6 y 8hs. Es de suma importancia el riesgo de condensación en la zona, por lo cual debe atenderse a evitar la generación de puentes térmicos. Es fundamental la aislación térmica y que sea el doble de los muros en techos, evitar en todos los períodos estacionales las infiltraciones de aire o que sean lo suficientemente controladas, pues de vez en cuando es necesaria la ventilación cruzada natural y mecánica en este lugar por sus índice bastante altos y constantes de humedad.

Como se ha mencionado antes, los GDM son 2180.75 para una temperatura de diseño confort de 20°C, se desprende evidente la necesidad de calefaccionar antes que refrigerar; esta afirmación variará más adelante a partir de la incorporación de las cargas internas de los espacios en los cálculos. En la zona la radiación promedio baja notablemente desde abril a septiembre, en concordancia con los períodos de alto de índice nubosidad, la niebla constante durante el año, precipitaciones, algunas heladas y tormentas (abril registra más cantidad de precipitaciones y velocidad del viento predominante) hace suponer que el recurso solar no puede ser muy significativo para contar con él. Entonces el calor que pueda obtenerse será resguardado para mantener el confort interior durante los períodos incompatibles.En tal sentido, respecto de la radiación solar, aquí se vuelve premisa la ganancia por sobre la protección que pueda establecerse para el período estival. Y prestar atención a las orientaciones de los vientos predominantes (NO) y aquellos frecuentes en los períodos invernales sobre todo(SE, O,SO) factores a considerar con respecto a las infiltraciones.

DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Implantación general del edificio

No pudo determinarse la mejor ubicación para el edificio ni su morfología, ya que esto cuenta por parte del estudio de arquitectura y propietarios. Por lo cual queda descartado esa primera pauta de diseño.

Figura 21: Implantación del edificio. Foto satelital Fuente Google Earth.

El edificio se ubica en una manzana irregular frente al mar, con 3 de sus calles dentro de la trama urbana, y la cuarta paralela a la Avenida Costanera. Es un edificio exento en la que solo cuenta con algunas construcciones residenciales de baja altura al sur y otras de más altura al Norte (museo). Se implanta levemente inclinado, pero se orienta principalmente en el eje Norte- Sur. Al estar ubicado en una zona marítima, se presentan vientos en distintas direcciones.

Figura 22. Implantación del edificio en el terreno en base imagen satelital. Fuente Google Earth

La morfología se define por la intersección de dos volúmenes (Figura 21), uno más bajo que otro con un patio descubierto como acceso general en planta baja. Desde allí se accede a través de un semicubierto a locales comerciales y al hall principal para las oficinas, habiendo una sola unidad en PB. El siguiente nivel corresponde a un segundo piso de los locales comerciales y acceso independiente a oficinas (mezzanine). El resto de los niveles (10 pisos) se compone de oficinas de alquiler, con superficies variables. Cuenta con 2 niveles de subsuelos para cocheras, sala de máquinas y bauleras. La altura del nivel de piso terminado al cielorraso es de 2.60m, y 3,42m entre losas (Más detalles de dimensiones y cómputos métricos del edificio pueden verse en el anexo). A continuación se muestran las plantas, cortes y fachadas con la orientación correspondiente.

Documentación gráfica

Figura 23: Imagen renderizada proyecto original fachada Oeste.

Figura 24: Planta Baja acceso a locales y oficina

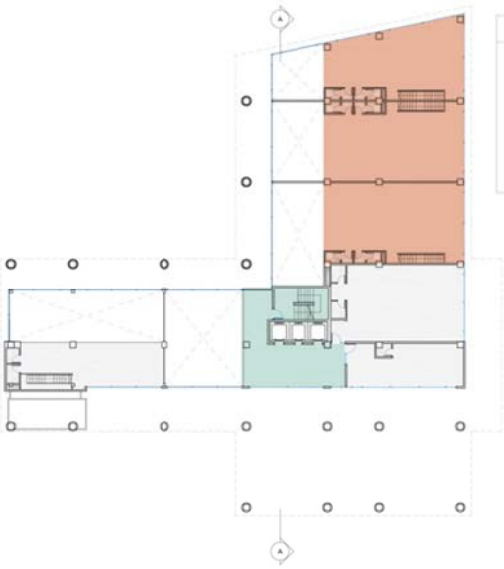


Figura 25:Mezzanine (2ºnivel locales) y oficinas

Figura 26: 1º piso oficinas

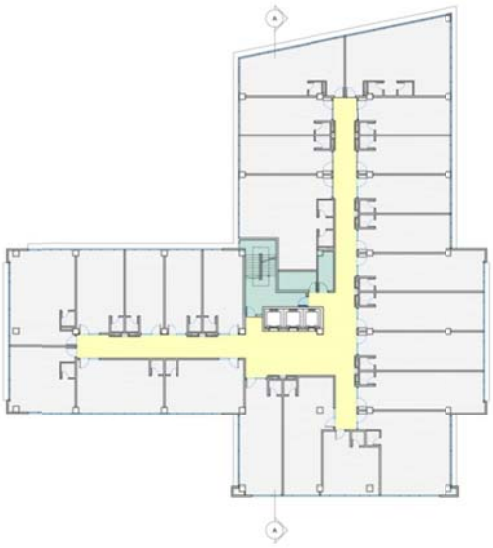


Figura 27.Planta tipo 2º a 6º piso oficinas

Figura 28.Planta tipo 7º a 10º piso oficinas

Figura 29:Corte A-A

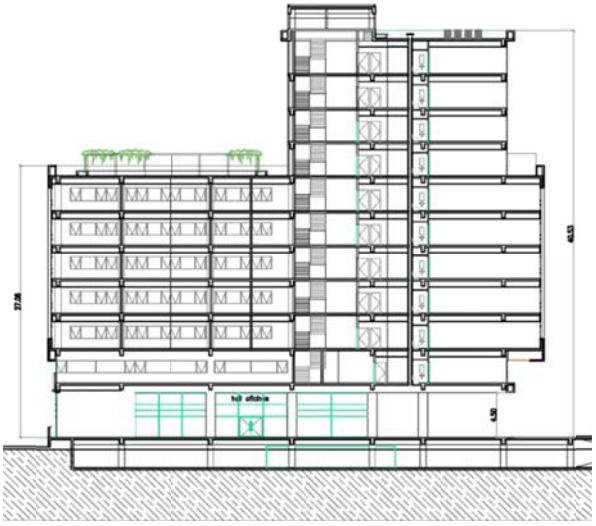


Figura 30: Corte BB

Figura 31: Corte C-C

Figura 32: Fachada Norte del modelo original

Figura 33 Fachada Sur del modelo original

Figura 34. Fachada Este del modelo original

Figura 35. Fachada Oeste del modelo original

Sistema constructivo del modelo original

El cerramiento exterior se compone de superficies opacas y transparentes, que corresponden al tipo de muro tradicional de 20 cm de espesor, compuesto de ladrillo cerámico hueco de 18 cm revocadas ambas caras y azotado exterior. Carpintería de vidrio de piso a techo (sectores de paño fijo y sectores con áreas practicables) del tipo ventanas simples con perfilería en aluminio sin ruptor de puente térmico con vidrio simple de 6mm. Las paredes interiores de 15cm de espesor, de ladrillo cerámico hueco de 12 cm revocado con jaharro y enlucido interior. La cubierta es una losa nervurada en promedio de 10cm de espesor, el contrapiso es de hormigón de cascotes, carpeta y membrana hidrófuga. En cuanto a los pisos, el sistema constructivo es de contrapiso y carpeta sobre la losa estructural y terminaciones de hormigón, cerámicas, baldosas para exterior. En el apartado de simulaciones numéricas y verificaciones, se especifican espesores, conductividad, resistencia térmica y demás de capas y sistemas constructivos del modelo original, así como del mejorado. Como se observa en las fachadas la mayor superficie de cerramiento vertical, corresponde a carpintería y no cuenta con ningún tipo de protección solar. Esta cuestión y las características de los materiales se analizarán en el apartado G.

CRITERIOS PARA ALCANZAR ALGÚN GRADO DE SUSTENTABILIDAD

Introducción

Para un edificio con algún criterio de sustentabilidad, debe apuntarse al uso racional de la energía (URE) con criterios sostenibles de diseño ambientalmente consciente (DAC) para el cuidado del ambiente y la salud de sus habitantes. En un edificio, las grandes pérdidas y ganancias de energía se relacionan estrechamente con la envolvente, al mismo tiempo que ésta debe asegurar las condiciones mínimas de confort interior, de acuerdo a los materiales y sistemas constructivos, se define el comportamiento del edificio; aparte de los sistemas artificiales de climatización. Por lo tanto debe considerarse el porcentaje de superficie opaca y vidriada para obtención de luz natural y climatización pasiva.

Deberían considerarse ciertos aspectos desde la etapa de croquis y anteproyecto del edificio para asesorar a los diseñadores. Si fuera posible la elección del terreno pensando en el contexto inmediato del entorno urbano y natural; pues toda modificación tiene su impacto. Muchas decisiones exceden la participación del arquitecto y tienen que ver con la conformación de la ciudad, el ordenamiento territorial, la densidad, los usos del suelo, el transporte, las condiciones naturales (topografía, recursos, clima, economía, cultura, etc.). Muchos criterios deben basarse en las concepciones del urbanismo sustentable. De acuerdo a la ubicación puede hablarse de un microclima, el cual estará dado por lo inmediato existente y las condiciones que puedan propiciarse con intención. Una cuestión a considerar en el contexto de la ciudad es el concepto de "isla de calor", donde se percibe el incremento de calor por las emisiones de los edificios, superficies pavimentadas, sistemas de transporte, equipos e infraestructura y no es posible disiparlo[ix]. También influirá el carácter de los vientos pues en la ciudad son más lentos pero más turbulentos, el acceso al sol, la vegetación y otras particularidades naturales existentes de la geografía, y la calidad general del aire en esa ciudad, pues la polución influye en propiedades de la energía solar y la ventilación natural.

- IMPLANTACIÓN: Ya en el terreno seleccionado, debe hacerse un análisis de sus características para aprovechar al máximo las buenas condiciones; desde una impronta meramente de sentido común con el entorno construido y natural, características climatológicas. Esto se refiere a crear el microclima adecuado para ese proyecto en ese sitio; la forma y orientación de un edificio bien pensado en un inicio, podría ahorrar más del 30% del consumo en energía. Por lo tanto es indispensable tener en cuenta la implantación, orientación para conveniencia de iluminación natural y climatización pasiva, para calefacción ganancia directa o indirecta de calor posicionado al Norte y cubriéndose al

sur, evitar repercusión de los vientos fuertes en invierno; para refrescamiento aprovechar los vientos y estrategias que propicien mayor ventilación, de esta manera reducir la demanda de energía.

- FORMA: Un aspecto determinante es la forma del edificio, factor que permite mínimas pérdidas en invierno y mínimas ganancias de calor en verano, aunque no siempre el programa según usos son simples y la morfología del edificio tampoco. Para una misma superficie útil, variará de acuerdo al diseño perimetral y tridimensional. Esto puede analizarse con el estudio de la envolvente global de la norma IRAM 11604, lo cual relaciona las características morfológicas y físicas de los materiales del edifico, su relación con el ambiente exterior, una temperatura interior de confort y el consumo de energía. Entonces debe estudiarse la organización espacial de los usos tanto en planta como en alzado para ahorrar energía, si es factible contar con estrategias pasivas. También interviene en el comportamiento interior, la situación del edificio exento o adosado en una o más de sus caras, o si tiene varios pisos y como es su contacto con el terreno natural. Siempre una edificación adosada tendrá menor superficie de pérdidas. Algunas estrategias para mejorar situaciones interiores es proponiendo galerías, atrios y patios.

- ENVOLVENTE: El diseño de la envolvente es fundamental para el rendimiento del edificio. Debe moderar los efectos del exterior en el interior y en lo posible que genere energía además de conservarla. En el planteo de diseño de fachadas, estas deberían responder según la orientación y los requerimientos. Cualquier material y sistema que forme el cerramiento debe cumplir con propiedades higrotérmicas, acústicas, con posibilidad de generar energía, y también estéticas. Por un lado el cerramiento formado por diversos tipo de muros y por otro las aberturas con diversas cualidades, más allá de ser fijas o móviles. Los muros, que pueden también ser estructurales, se destacan por su función de intermediario entre el interior y el exterior, por lo cual deben asegurar colaborar en la confortabilidad de los espacios interiores, con procedimientos de calefacción o refrigeración pasiva. Estos pueden plantearse para acumular calor o frío en su masa, de buen espesor (en un clima templado debería ser entre 22 y 60cm según Mazria ,1983) al utilizar materiales con alta inercia térmica, la cual ralentiza el flujo de transmisión de lo acumulado. También el suelo puede complementar con este requisito, cuando en la composición principal posea un material macizo y de media a alta inercia térmica. En la mayoría de los casos, es necesario incorporar aislación térmica a la composición del muro para asegurar la conservación de la energía interior y que no sea afectado por las condiciones climatológicas. De acuerdo a la necesidad el aislamiento se colocará del lado interno, en el medio o hacia el exterior. Un factor importante es la posibilidad de producirse condensación en el interior de los espacios habitables, por lo cual deberán estudiarse en detalle.

- ABERTURAS: Superficies vidriadas como cerramiento, cumplen con la función de permitir ingreso de luz natural sea directa del sol o reflejada de la bóveda celeste, ingreso por lo tanto del calor del sol, permite las vistas al exterior circundante, y aunque parecen formar un sistema más simple, pueden contar con sistemas y materiales que les brinden diversas cualidades. Para su elección debe pensarse en la necesidad de ganancias de calor o su aislación, iluminación natural pero sin el calor, para lo cual deberá conocerse su coeficiente de transmitancia, la superficie expuesta y existen sistemas con doble o triple vidriado hermético con cámara de aire, gases inertes o sellado al vacío. Su comportamiento depende del espesor del vidrio y la cámara de aire, películas que reducen transmisión del calor, rayos solares y el material de los marcos para que no existan infiltraciones de aire. Como cerramiento no opaco existe el MAT (material de aislamiento transparente) compuesto por 2 vidrios y en el interior poliamida hexagonal, deja pasar la luz pero no el calor; utilizándolo puede reducirse la demanda en refrigeración. Para su efectividad, debe estudiarse cada caso, pero conviene ubicar las ventanas del centro para arriba cerca del

cielorraso en una relación 2:1 para iluminar bien el local y complementar con repisas y persianas reflectantes de los rayos hacia el interior. Si se quiere moderar o evitar el deslumbramiento pueden utilizarse sistemas activos como el vidrio crómico (fotocrómico, termocrómico, electrocrómico) o redirigir la luz con vidrio prismático, o películas heliográficas y serigrafías; en el caso de propiciar refrescamiento con incorporación de aleros fijos o móviles, verticales, horizontales o mixtos, persianas interiores o exteriores.

Deben considerarse los usos del edificio de acuerdo al destino, residencial, comercial, oficinas, mixto y por lo tanto las características de su ocupación y tiempos, continuado o intermitente en momentos del día, semana anual lo que determinará parámetros en el proyecto energético.

- CUIDADO ENERGÍA: es posible con un cerramiento global adecuado y con sistemas de producción de energía eficiente y así reducir la demanda de energía en climatización e iluminación. Los cerramientos opacos y vidriados que provean aislación higrotérmica; aprovechar condiciones de inercia térmica de ciertos materiales. Las aberturas con alta prestación para evitar pérdidas e infiltraciones, y película de baja emisividad, para evitar el sobrecalentamiento de los rayos solares, aunque no la luz. Para evitar pérdidas excesivas, las ventanas practicables equivaldrán a un 5% de la superficie vidriada. Al ser aislada la envolvente, y sin puentes térmicos, se reduce la demanda energética en calefacción (exceso de radiación solar, infiltración controlada, cerramiento bien aislado) y refrigeración. Considerar el comportamiento y demandas para ahorrar, al seleccionar el sistema de calefacción y refrigeración más adecuadas y su tipo de distribución.

- CALEFACCIÓN: los sistemas radiantes permiten zonas independientes que reducen el consumo energético para grandes espacios que se ocupan de manera intermitente. Las calderas de condensación son más eficientes que una convencional, pues aprovechan el calor latente del vapor; también el empleo de bombas de calor, aunque puede incrementarse la demanda en energía eléctrica por el sistema para compresión y circulación. Establecer dentro de lo posible, principios combinados para generación de calor y electricidad para reducir la energía necesaria para su funcionamiento. Empleo de fuentes de energía renovables por lo cual es menor el impacto ambiental y emisiones de CO^2, tales como el viento, biomasa, agua, solar y geotérmica.

- REFRIGERACIÓN: puede plantearse la combinación de ventilación natural, mecánica y artificial, en sectores del edificio o por períodos diarios por hábitos de uso o épocas del año. A modo de ejemplo, en la ley cubana de eficiencia energética se solicita en hoteles ventiladores de techo, zonales o individuales además del aire acondicionado. El aire acondicionado para refrescar consume bastante energía, por lo cual sería apropiado su incorporación en ciertas aéreas del edificio más vulnerables de sobrecalentamiento a pesar del tratamiento de la envolvente. Un sistema de aire acondicionado, es más eficiente en cuanto la relación entre la cantidad de aire caliente interior extraído de los espacios habitados y la demanda de energía eléctrica. Deben utilizarse refrigerantes que no sean nocivos (R410A), y asegurar el control y calidad del aire interior y exterior con filtros convenientes.

- VENTILACIÓN: Es importante para asegurar la calidad del aire interior; para el caso de oficinas se recomiendan renovaciones de $15m^3$/hora/persona mínimo en Argentina. Observar las posibilidades de ventilación natural con aberturas practicables, ubicadas estratégicamente, atendiendo a la calidad del aire exterior (posible contaminación) y ruidos perjudiciales. Promover la ventilación natural cruzada y la refrigeración nocturna mediante conductos pasantes reduce la demanda en refrigeración durante época estival. También es posible proponer aberturas exclusivas solo para ventilación en las superficies murarías, sin tener que aumentar o modificar superficie vidriada. Puede combinarse la ventilación natural con la mecánica - a través de extractores e impulsadores- permitiendo mecanismos controlados pero al mismo tiempo alternativa de requerimientos particulares. Mejor

ventanas con micro apertura tipo oscilo batientes. Igualmente asegurar estanqueidad en aberturas practicables por el efecto negativo de infiltraciones y pérdidas en invierno, que influye en las cargas térmicas.

- PAISAJISMO, CIUDAD: Ante todo debe analizarse donde se implanta el edificio, sus condiciones naturales satisfactorias y posibles indicios de contaminación; y por otro lado interferir lo menos posible afectando la flora y fauna local. Los árboles y arbustos absorben CO^2 y retienen polvo en un 75%, plomo, partículas en suspensión , actúan de filtro para ruidos si son densos, como cortavientos reduciendo la velocidad hasta en un 50%, regulan la temperatura por evapotranspiración, filtran radiación solar y proporcionan refrescamiento por la sombra arrojada. Las plantas bajas y el césped tienen un efecto refrigerante por evapotranspiración, el cual puede significar un 15% menos temperatura que la irradiada por el asfalto. Es importante procurar mantener la vegetación existente, y proponer nueva autóctona que requiere menor riego (ahorro agua) y costos de mantenimiento.

- ILUMINACIÓN NATURAL: aprovecharla para reducir el uso de la artificial deberá corroborarse su desempeño uniforme, considerando una mínima incidencia de deslumbramiento, reflectancias o incorporar sistemas de sombreado necesarios, según temporada y orientación para optimizar su uso, y de esta manera reducir el empleo de luz artificial. Existen diferentes estrategias de diseño para incorporar más luz al interior, evitar el calor directo del sol en verano y a la inversa en invierno. Aquí se definen criterios relacionados con el asoleamiento en cuanto al sitio y época del año.

- ILUMINACIÓN ARTIFICIAL: la cantidad de energía consumida en el edificio se debe a todos los equipos electrónicos, tipo de luminarias elegidas y tiempo de uso; esto genera una carga térmica que puede ser favorable en invierno pero no en verano. Por lo tanto es imprescindible aprovechar al máximo la luz natural, de manera de reducir al menos la demanda de iluminación artificial durante el día. En la etapa de diseño, asegurar confort visual interior, con la combinación de luces directas e indirectas que reducen reflejos en las pantallas; y con la luz ambiental y las de escritorio. Luminarias de bajo consumo (eficacia por relación entre el flujo emitido y la potencia necesaria consumida) y uso de interruptores con detectores infrarrojos pasivos. Para ahorro general emplear controles, con posibilidad de apagar y prender (sobre todo en casos de grandes instalaciones plantas libres edificios públicos) con temporizadores que apaguen automáticamente al desocuparse el piso con sensores infrarrojos o ultrasónicos; esto puede ser en aéreas poco transitadas aéreas en común.

- AGUA: en primera instancia cuidar el suministro de agua potable priorizando su uso para higiene e ingesta de alimentos y beber. Cuidar los materiales en contacto de conducciones y depósitos libres de contaminación. Promover uso de equipos y sistemas eficientes de bajo consumo. Los artefactos de bajo consumo como inodoros, duchas y canillas con aireadores que reducen notablemente la cantidad de agua necesaria tanto fría como caliente. Separar las aguas grises de las negras y lluvia, para su posterior reutilización o tratamiento que afecte lo menos posible el medioambiente. Las aguas grises y de lluvia, tratamiento mediante, pueden emplearse las primeras para la descarga de los inodoros y las segundas para riego y limpieza de los espacios comunes. Reducir caudal de desagües pluviales - los cuales pueden mezclarse con desagües cloacales y al final contaminar napas (inundación negra), cursos y por otro lado, se evita cargar el sistema sanitario urbano y posibles inundaciones alrededor - proporcionando más áreas de terreno natural y pavimentos semi-permeables como adoquines calados en sectores de estacionamientos y también mediante mecanismos retardadores conteniendo aguas en cisternas.

- RESIDUOS: Debe planearse su tratamiento en etapa proyecto y planificación de la obra, pensando en diseños detallados con medidas que generen menos desperdicios y cómo

manejar los escombros durante la construcción. También especificar sectores exclusivos en el edificio para tratamiento de los residuos sólidos: clasificación, orgánicos inorgánicos y materiales acordes para reutilizar, reciclar. Es preciso establecer cláusulas de estos hábitos entre los usuarios del edificio a través de manuales.

- CONTROL: con un seguimiento a través de sistemas de control integrado (BEMS) pueden colaborar en el ahorro de energía y que sea más eficaz proveyendo información filtrada de lo que se quiere saber del funcionamiento del edificio. Uso de temporizadores, controles de compensación climática, termostatos, etc. Optar por ascensores de bajo consumo eficientes energéticamente, sin engranajes, con una sala de máquinas reducida, consume kWh/año en comparación con 3000khw/año de los convencionales. Diseño adecuado de las instalaciones, independiente de la estructura y envolvente para su mejor acceso mantenimiento al igual que los equipos favorece un correcto funcionamiento.

- MATERIALES: Elegirlos conscientemente de acuerdo a su efecto medioambiental. Que sean durables implican menor mantenimiento, y por lo tanto consumo energético y emisiones considerando el ciclo de vida y el contenido energético primario interviniente en su fabricación y demás etapas. Materiales locales siempre que sea posible. Seleccionar materiales exentos de sustancias toxicas. Considerar su elección acorde a criterios de reutilización, reciclaje o etapa de desmantelamiento. Impulsar empleo de materiales de limpieza ecológicos y exigir a los fabricantes información acerca de sus productos para tener un fundamentar selección.

- INTERIOR SALUDABLE: relacionado con las características de los materiales por sus emisiones. Asegurar la calidad del aire interior evitando contaminantes provenientes de fibras de amianto, formaldehido, COV, humo del tabaco, gas radón y otros. Aislamiento de fuentes interiores de ruido, vapor en cocción de alimentos, o contaminación como los sectores exclusivos de impresoras, plotters, fotocopiadoras; en estos casos al menos asegurar la correspondiente ventilación controlable.

Las pautas a seguir en cada proyecto u obra de rehabilitación se establecerán considerando un estudio global y particular del caso, pero es importante recordar por pequeño que sea, cada acción repercute en un micro y macro escala del entorno y sus habitantes.

Criterios a aplicar en el caso de estudio

En este caso al tratarse de un proyecto, no se pudo intervenir en la definición y resolución de la implantación y morfología del edificio. Como se mencionó anteriormente, estos 2 factores pueden ser determinantes en la instancia previa de planificación cuando se estudia la energía que demandará en su etapa de ocupación, y los consecuentes costos en consumos y reducción de emisiones. Entonces, con esta condición, deben analizarse los demás parámetros.

Envolvente

Lo primordial es estudiar el comportamiento de la envolvente, pisos, muros y techos. El diseño de fachadas responde en general al lenguaje en edificios de oficinas con gran superficie vidriada, aunque en este caso presentaba algunas fachadas con más superficie opaca. Se elaboró un análisis de las condiciones de la envolvente respecto a la norma IRAM 11603 para verificar el coeficiente k de transmitancia térmica para esa zona (Sub zona IVd Templado marítimo) En el apartado de cálculos se comprobó que no verifica y se propuso el mejoramiento de la envolvente que se menciona a continuación.

Muros: Como el clima es templado más frío que cálido durante casi todo el año, se elige un sistema de muros que se halle más aislado respecto del exterior y que hacia el interior pueda conservar la energía. No se propone un sistema de alta inercia térmica de ganancias exteriores

hacia el interior, porque al tratarse un uso regular intermitente, el retardo con el paso de calor de lo ganado no se aprovecha al hallarse desocupado probablemente 2/3 del día. El sistema se compone de un muro doble con aislación intermedia, y revocadas ambas caras. Ladrillo hueco interior y macizo exterior, como refuerzo sostén de la estructura de aventanamiento.

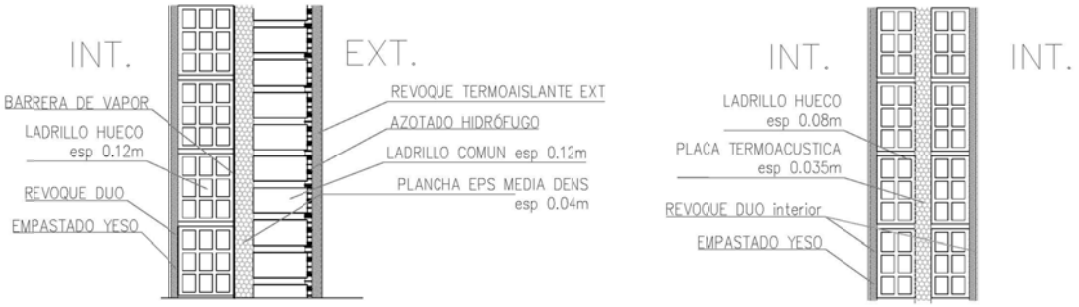


Figura 36: Muro exterior e interior

Cubiertas: El techo de losa se le incorpora mayor aislación térmica y se opta por el sistema llamado techo invertido, donde la aislación térmica principal es colocada por fuera. De este modo se protege la capa hidráulica y se evitan las fisuras provocadas por la radiación solar. La estructura de la losa sigue el contrapiso y la capa hidrófuga con protección y se utilizarán placas conformadas especiales de EPS (marca NEOTECH) cuyas perlas contienen pequeñas partículas de grafito que reflejan la radiación térmica y absorben los rayos infrarrojos, mejorando su resistencia térmica. Luego sobre unos soportes se apoyarán unos baldosones de cemento puzzolánico, un material que tampoco acumule calor. Las azoteas son transitables, pues la más baja podrá servir como expansión y la superior albergará espacio para los colectores y demás sistemas; pero ante todo se previene las pérdidas de calor a través del cerramiento superior. Otra alternativa para la azotea más baja es una terraza verde, con el mismo concepto de atemperar el interior las diferencias entre exterior e interior.

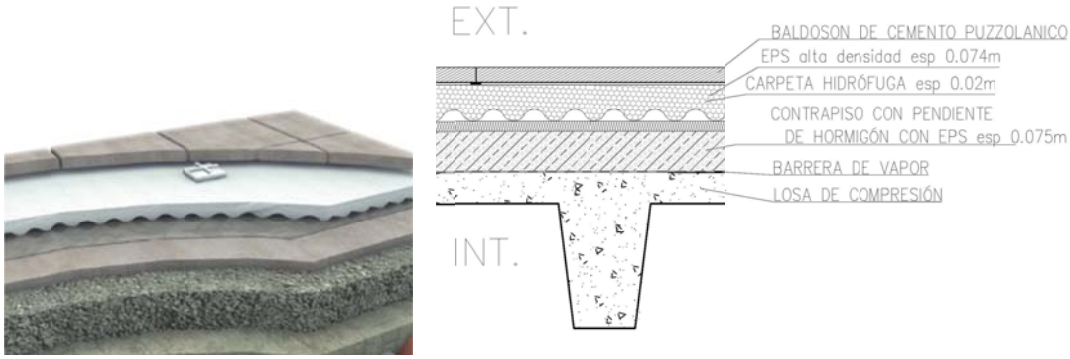


Figura 37. Detalle del techo invertido Representación gráfica e imagen renderizada. Fuente: http://arq.clarin.com/construccion/Techo-invertido-aislante-evitar-goteras_0_625137722.html

Carpinterías: Se propone primeramente reducir la superficie vidriada, pues por estas es que se dan las mayores pérdidas e infiltraciones de aire. Por otro lado se ha elegido un sistema de aventanamiento de alta prestación. De las posibilidades existentes, la más usual es del tipo DVH (doble vidriado hermético) con perfilería de aluminio incorporando una película de baja emisividad en el vidrio hacia el exterior, transparente en un tono verdoso. Y la perfilería en PVC con triple

cámara (cuantas más cámaras, más aislante) pues sus valores de transmitancia son menores que un modelo similar con perfilería en aluminio. A pesar de ciertas dicotomías entre materiales más o menos saludables, en este caso se lo prefiere por su comportamiento térmico aislante y evitar patologías relacionadas con efectos de la salinización del mar y puentes térmicos y por lo tanto condensación. Por otro lado en su fabricación son las que menos contribuyen al calentamiento global aunque si más en acidificación, pero en la etapa de uso son las que demandarán menos consumo de energía para climatización. Deberá realizarse el diseño específico para los sectores de paño fijo y los practicables, pero respetando las condiciones de buena prestación para evitar pérdidas de calor indeseable.

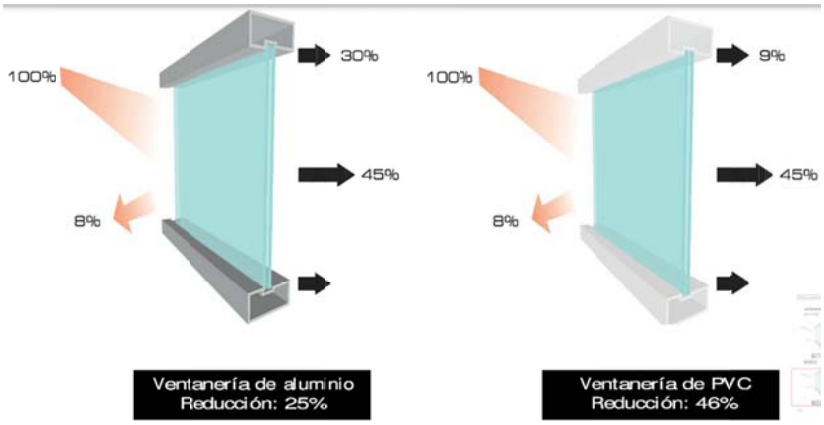


Figura 38. Comparación transmitancia entre ventana aluminio y PVC. Figura 39: Detalle perfil ventana DVH en PVC. Fuente : Kommerling

Estudio de asoleamiento para el confort térmico y lumínico

Introducción

El uso excesivo del vidrio en los edificios de oficina es muchas veces un sinónimo de estatus y de imagen de una determinada compañía o marca. Un edificio con fachada vidriada resulta tener una apariencia "moderna" y por lo general la mayoría de la gente solicita a los arquitectos, edificaciones con estas características. Este usual requerimiento resulta ser uno de los principales causantes del aumento del consumo energético en climatización artificial por la incidencia de la radiación solar en la edificación incrementando la temperatura interior. Para disminuir la carga solar es necesario implementar un sistema de protección solar en las ventanas, para lo cual en el presente trabajo se ha analizado el asoleamiento en cada una de las fachadas del edificio según su orientación lo que conllevó a implementar ajustes en su diseño original. Se proyectó un sistema de parasoles que también fue aprovechado para el diseño de estantes de luz con el fin de aumentar los beneficios de la luz natural diurna (daylight) y disminuir en lo posible los molestos deslumbramientos en los puestos de trabajo cercanos a las aberturas. Otra medida adoptada fue disminuir superficie vidriada en las fachadas especialmente en las que la presencia del vidrio era de un 100%.

Diseño original de fachadas

Las fachadas originales se caracterizan por grandes superficies de áreas vidriadas en el volumen más alto(A) en contraste con el más bajo (B), que tiene menor cantidad de vidrio. El volumen A está inclinado 78° con respecto al norte, el vidrio predomina en la totalidad de las áreas de las fachadas norte, este y oeste excepto en la orientación sur .El volumen B tiene orientaciones hacia el norte, oeste y sur., las fachadas norte y sur tienen antepechos y ventanas corridas a excepción de la fachada oeste.

Figura 40. Fachada sur

Figura 41. Fachada Oeste

Figura 42. Perspectiva, proyecto original N-E

Propuesta de mejoramiento, lineamientos generales

Se procede a la reducción de superficie vidriada de las fachadas norte, este y oeste del volumen A y la fachada oeste del volumen B. Para el rediseño de las fachadas se tomó como referencia los criterios de diseño de la fachada norte y sur del volumen B, con antepechos y ventanas corridas. Para la protección solar se incorporan parasoles horizontales en las fachadas orientadas al norte y parasoles horizontales y verticales móviles en las fachadas este y oeste. En la fachada sur no se realizaron ajustes

Diseño parasoles

Para el diseño de los parasoles se analizaron los requerimientos de protección o ganancia según las temperaturas medias en determinadas horas del día correspondiente al solsticio de verano (21 de diciembre), solsticio de invierno (21 de junio) y a los equinoccios en marzo (21 de marzo) y en septiembre (22 de septiembre).

De acuerdo a la orientación se proyectaron en planta de las oficinas los rayos acimut (carta solar estereográfica) y en los cortes del proyecto original se representaron los rayos solares correspondientes a la altitud solar (carta solar cilíndrica). Estos datos fueron analizados para posteriormente realizar propuestas de diseño de parasoles en cada orientación

Mes	Hora	Temperatura	Requerimiento
enero	8:00	16 °C	Ganancia solar
enero	9:00	17.3 °C	Ganancia solar
enero	10:00	19.4 °C	Protección parcial
enero	12:00	24.9 °C	Protección parcial
enero	13:00	25.6 °C	Protección total
enero	14:00	25.9 °C	Protección total
enero	15:00	25.7 °C	Protección total
enero	16:00	25.2 °C	Protección total
enero	17:00	24.9 °C	Protección total
enero	18:00	24.4 °C	Protección total
marzo	8:00	14.5 °C	Ganancia solar
marzo	10:00	17.8 °C	Ganancia solar
marzo	12:00	23.1 °C	Protección parcial
marzo	13:00	23.8 °C	Protección parcial
marzo	14:00	24.1 °C	Protección parcial
marzo	15:00	23.9 °C	Protección parcial
marzo	16:00	23.4 °C	Protección parcial
marzo	17:00	23.1 °C	Protección parcial
marzo	18:00	22.6 °C	Protección parcial
julio	8:00	8.5 °C	Ganancia solar
julio	10:00	10 °C	Ganancia solar
julio	12:00	12.3 °C	Ganancia solar
julio	13:00	12.6 °C	Ganancia solar
julio	14:00	12.7 °C	Ganancia solar
julio	15:00	12.6 °C	Ganancia solar
julio	16:00	12.4 °C	Ganancia solar
julio	17:00	12.3 °C	Ganancia solar
julio	18:00	12.1 °C	Ganancia solar
septiembre	8:00	6.8 °C	Ganancia solar
septiembre	10:00	10 °C	Ganancia solar
septiembre	12:00	15.2 °C	Ganancia solar
septiembre	13:00	15.9 °C	Ganancia solar
septiembre	14:00	16.2 °C	Ganancia solar
septiembre	15:00	16 °C	Ganancia solar
septiembre	16:00	15.5 °C	Ganancia solar
septiembre	17:00	15.2 °C	Ganancia solar
septiembre	18:00	14.8 °C	Ganancia solar

Temperaturas 9°C-21°C	Ganancia solar
Temperaturas 18°C-24°C	Protección parcial
Temperaturas mayores 24°C	Protección total

Tabla 5.Requerimientos según temperaturas y estación del año.

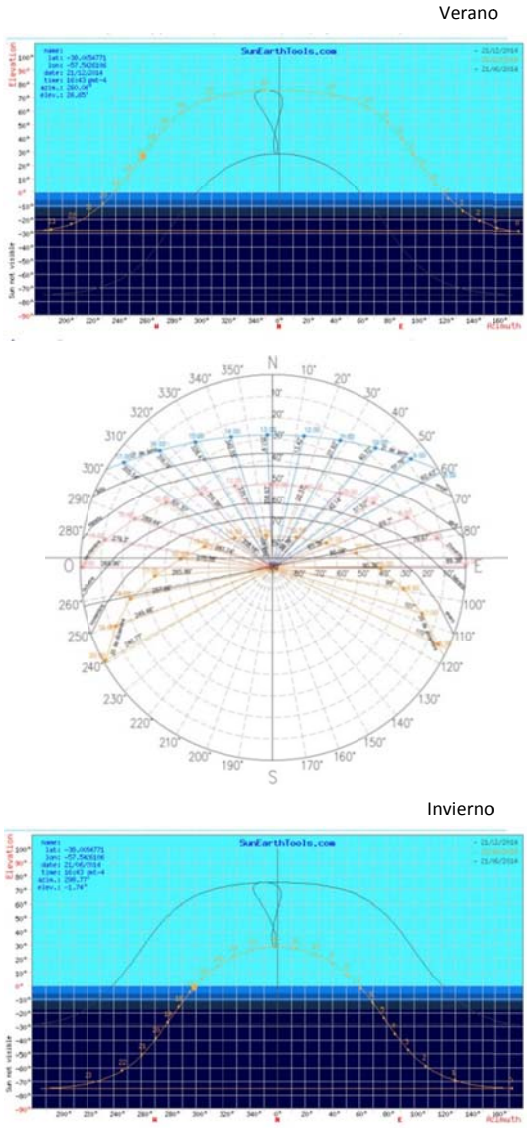


Figura 43. Carta solar cilíndrica y estereográfica

Fuente: sunearth.tools.com

Propuesta de mejoramiento, fachada norte (volumen A)

Este sector cuenta con una ligera inclinación con respecto al norte y al ser esquinero las dos oficinas de esta zona tienen mayor incidencia solar al tener ventanas en dos orientaciones, razón por la cual en esta zona el calor será mayor que en el resto de oficinas. En la Figura 44 y . Figura 45 se han proyectado los rayos acimut correspondientes a las orientaciones este-norte y oeste según el caso.

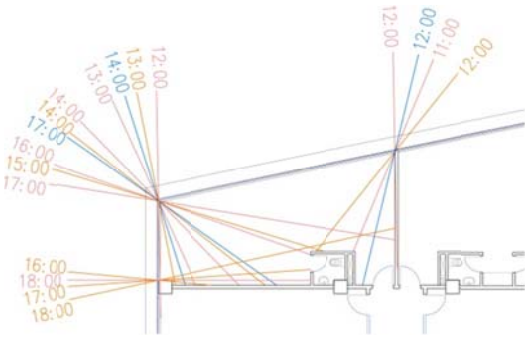


Figura 44 Incidencia solar en planta, norte y oeste.

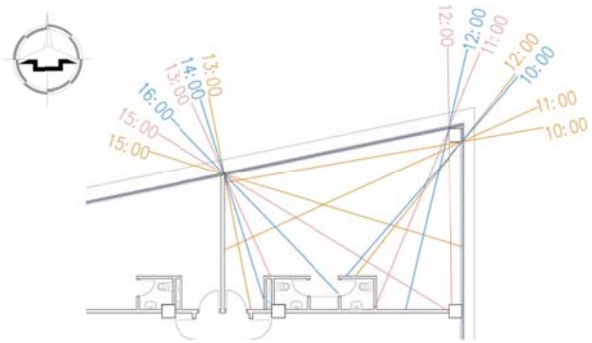


Figura 45 Incidencia solar, norte y este

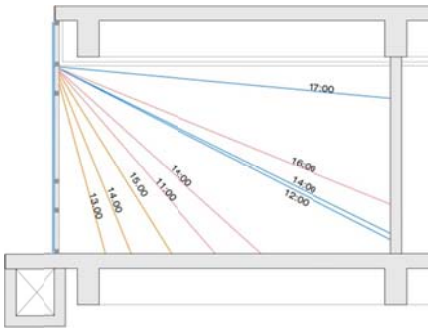


Figura 46. Incidencia solar en corte, norte y oeste

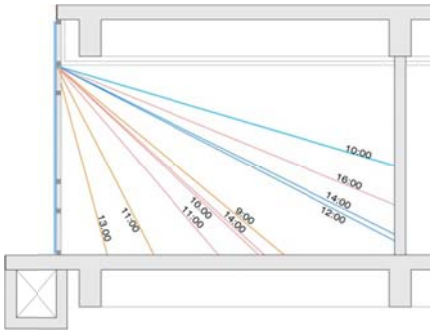


Figura 47. Incidencia solar en corte, norte y este

En los cortes del proyecto original se aprecia la carpintería vidriada de piso a techo sin ningún tipo de protección solar. En la propuesta de mejoramiento se disminuyó área de vidrio, incorporando parasoles horizontales y verticales móviles. En la parte superior de la carpintería fueron proyectados estantes de luz aprovechando los rayos solares del verano y equinoccios. Este sistema se utilizará también en las fachadas este y oeste.

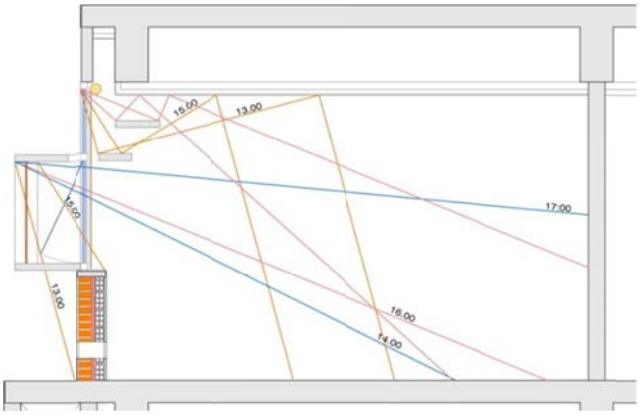


Figura 48. Propuesta de carpintería, parasoles horizontales y estantes de luz, fachada norte (inclinada)

Propuesta de mejoramiento fachada norte (volumen B)

A continuación en la Figura 49 se muestra la planta de una de las oficinas orientadas hacia el norte con los rayos acimut en las diferentes horas que ingresan al espacio. En la Figura 50 se presenta en corte con el diseño original de fachada la proyección de los rayos solares correspondientes a la altitud.

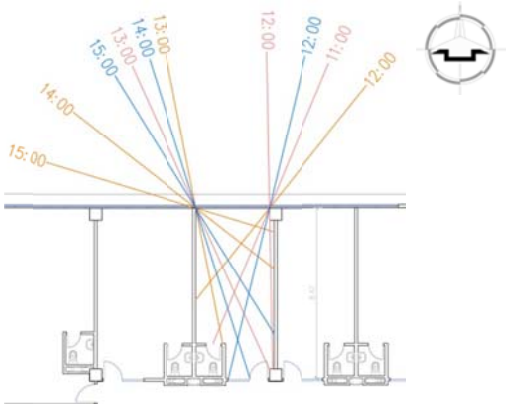


Figura 49. Incidencia solar en planta, norte

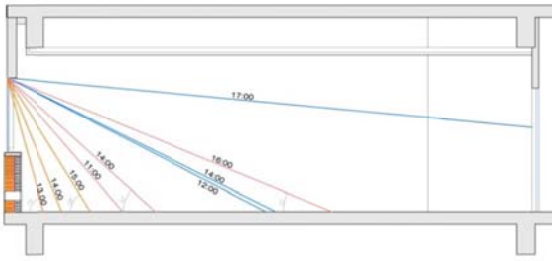


Figura 50. Incidencia solar en corte

En la Tabla 5 se observa las temperaturas medias desde las 8:00 a las 18:00 de un día en el mes de enero. A partir de las 10:00 a 12:00 es necesaria la protección parcial y desde las 13:00 a las 18:00 se requiere protección total del espacio ya que las temperaturas exteriores oscilan entre un rango de los 24°C a 25.9 °C.

Se analizaron en planta y en corte los rayos solares del mes de enero que afectarían el confort térmico y lumínico procediéndose a diseñar un parasol horizontal tomando como referencia el rayo correspondiente a la altitud 58° de las 15:00. Los rayos solares en invierno entran al espacio favoreciendo la ganancia solar. Los estantes de luz están diseñados para aprovechar los rayos en las horas de la tarde del verano y de los equinoccios favoreciendo el confort lumínico aumentando la superficie de acción de la luz natural ya que éstas oficinas cuentan con una longitud de más de 8 metros.

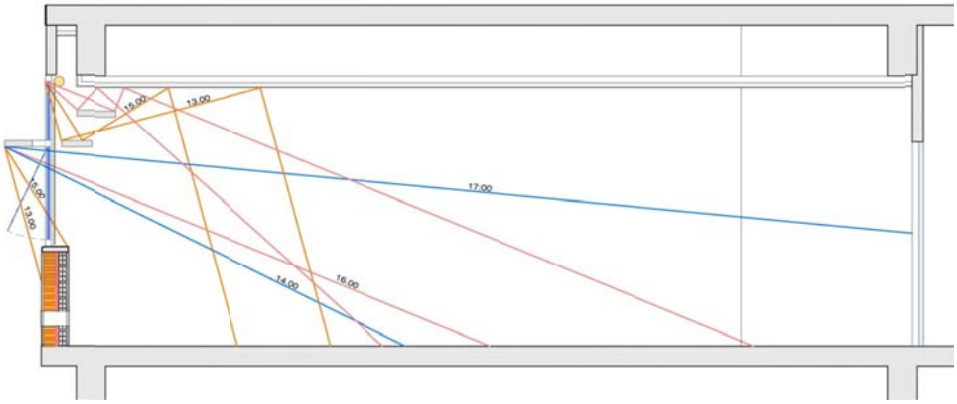


Figura 51 Propuesta de carpintería, parasoles horizontales y estantes de luz, fachada norte

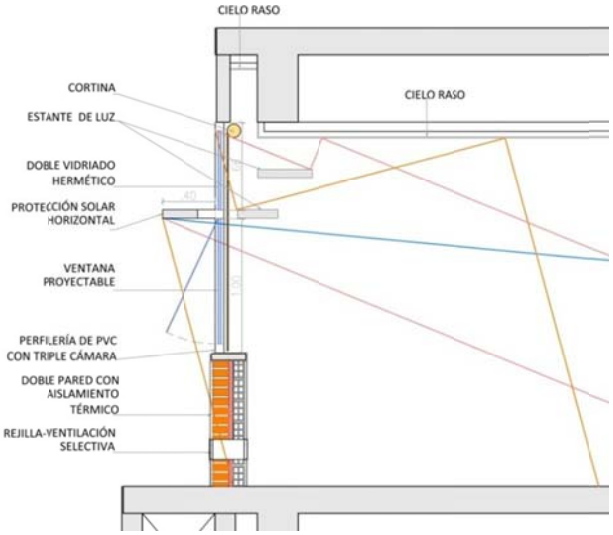


Figura 52. Detalle de carpintería, parasol horizontal y estante de luz

Propuesta de mejoramiento fachadas este y oeste

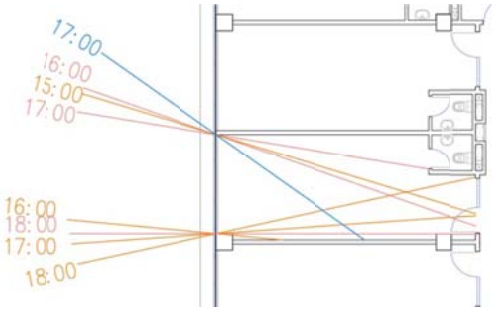


Figura 53.Incidencia solar en planta orientación oeste

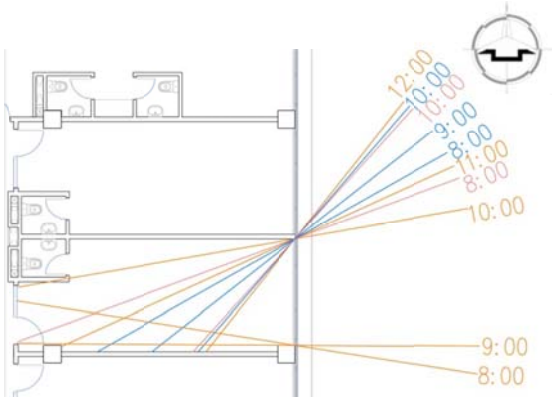


Figura 54. Incidencia solar en planta orientación este

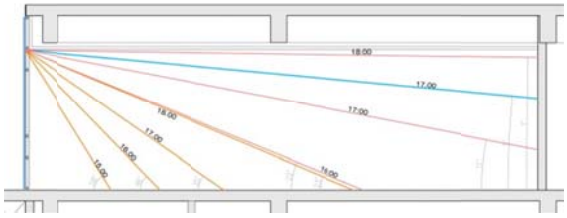


Figura 55 Incidencia solar en corte orientación oeste

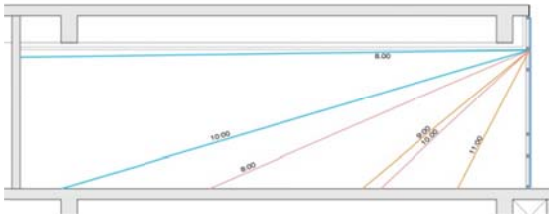


Figura 56 Incidencia solar en corte orientación este

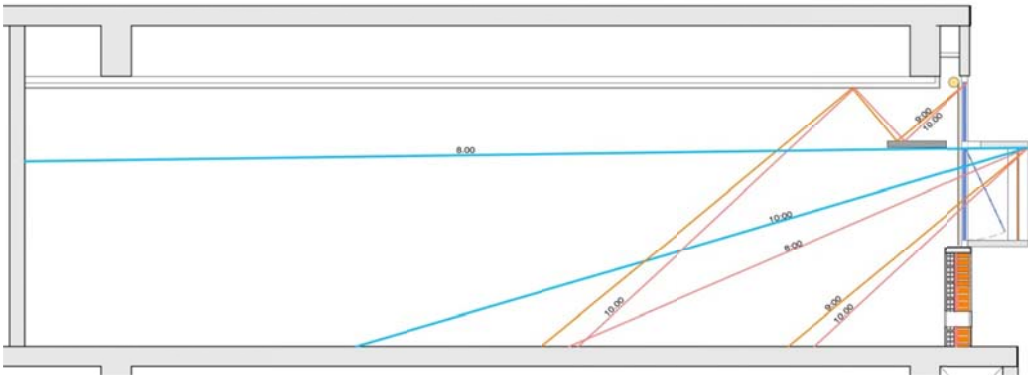


Figura 57. Propuesta de carpintería, parasoles horizontales, verticales móviles y estantes de luz, fachada este

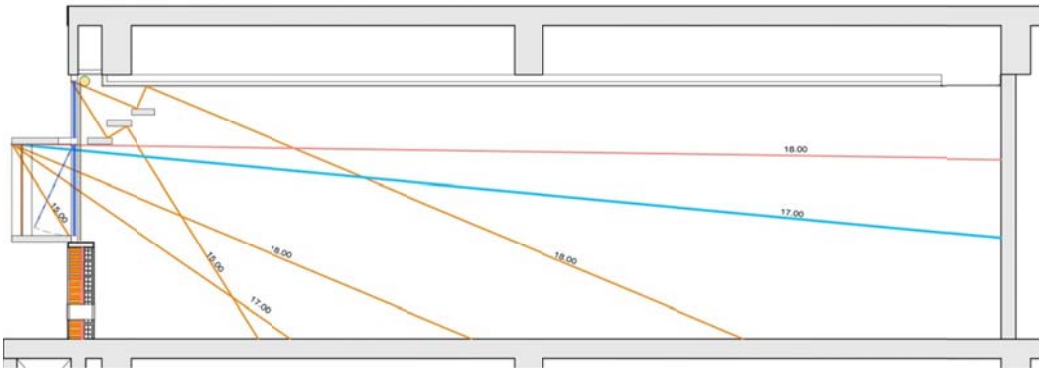


Figura 58. Propuesta de carpintería, parasoles horizontales, verticales móviles y estantes de luz, fachada oeste

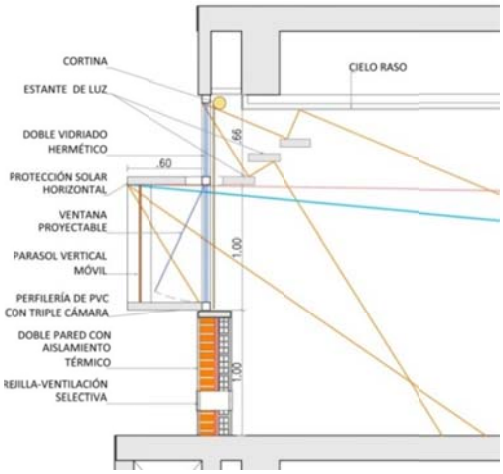


Figura 59. Detalle de carpintería, parasol horizontal y estante de luz (Fachada Norte inclinada) Corte

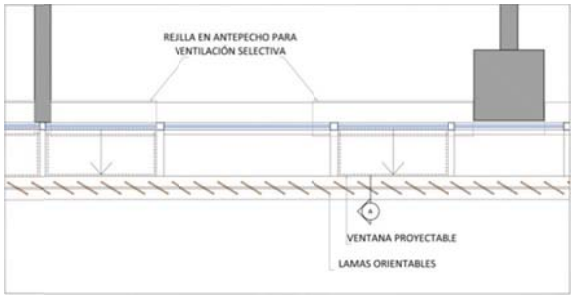


Figura 60.Detalle en planta de parasoles verticales móviles

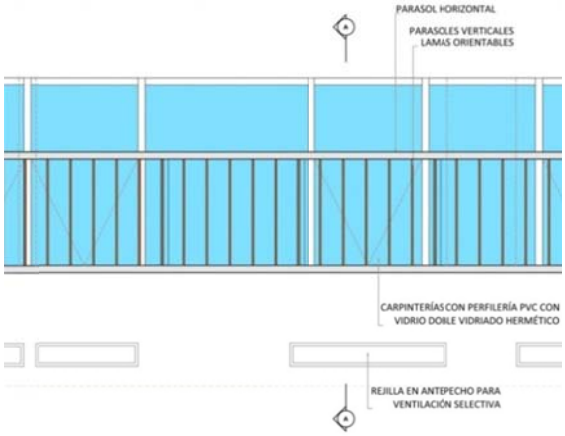


Figura 61. Detalle Vista parasoles verticales móviles.

La representación completa de las fachadas puede verse en el apartado de documentación gráfica del caso mejorado.

Los usuarios de las oficinas serán los responsables del uso de los parasoles móviles en el transcurso del día para el óptimo funcionamiento del sistema siendo de vital importancia que los ocupantes de las oficinas se involucren en el manejo del mismo cuyo fin es contribuir con el confort térmico y visual.

Ventilación

Se propone aprovechar la ventilación natural para refrescamiento de los interiores además del criterio higiénico de ventilación. En recintos habitables es requerido un mínimo de renovación del aire para asegurar la calidad del aire interior de acuerdo a cantidad de personas, actividades realizadas y características del entorno. Es importante pues diluye la concentración de gases contaminantes, como por ejemplo el CO_2 de la respiración, así como otros componentes y partículas en suspensión, el exceso de calor y humedad, olores, virus y bacterias. Algunos de estos elementos pueden ocasionar el denominado Síndrome del Edificio Enfermo, sobre todo en aquellos ambientes climatizados artificialmente con bajo o nulo grado de renovación de aire fresco. La normativa 62-2001 de la ASHRAE(2001) trata sobre la necesidad de ventilación para alcanzar un IAQ aceptable (interior air quality) y tratamiento del aire exterior. Estas normativas y métodos son ampliamente desarrollados en países como Estados Unidos donde se utiliza comúnmente la climatización por aire acondicionado en edificios cerrados herméticamente. Por otro lado, desde una perspectiva bioclimática y de soluciones pasivas, existen edificios con estrategias diversas de refrigeración y renovación incorporando la ventilación natural o forzada.

La Ley 19.587[x] estipula en el artículo 65 que en aquellos establecimientos donde se realicen tareas laborales, deberán ventilarse preferentemente de modo natural (según volumen del recinto y cantidad de personas). Los parámetros devienen del rango de confort higrotérmico, con límites fijado de temperatura y humedad La ASHRAE 55[xi], referida a locales de oficina con aire acondicionado exclusivamente, define un rango de confort interior 24,5°C- 26°C de temperatura con 60% HR y 0,2m/s de movimiento de aire. Por otro lado Givoni (1969) pensando en una climatización pasiva en donde los usuarios del edificio son más dispuestos a tolerar temperaturas hasta los 28°C, 90%HR y 2m/s la velocidad del aire interior. Son dos extremos, con distinta clase de ocupantes, pero existe el caso de DeDear y Brager(de Dear, Brager, & Cooper, 1997) quienes proponen un modelo con rangos de confort adaptativo más flexible para casos con ventilación natural aceptable en 80 y 90% de los usuarios. Este es un concepto interesante, sobre todo considerando las tendencias de recurrir a la ventilación natural exclusiva o complementariamente de otros sistemas mecánicos e inclusive consta como antecedente a la ASHRAE 55 para determinar nuevos parámetros.

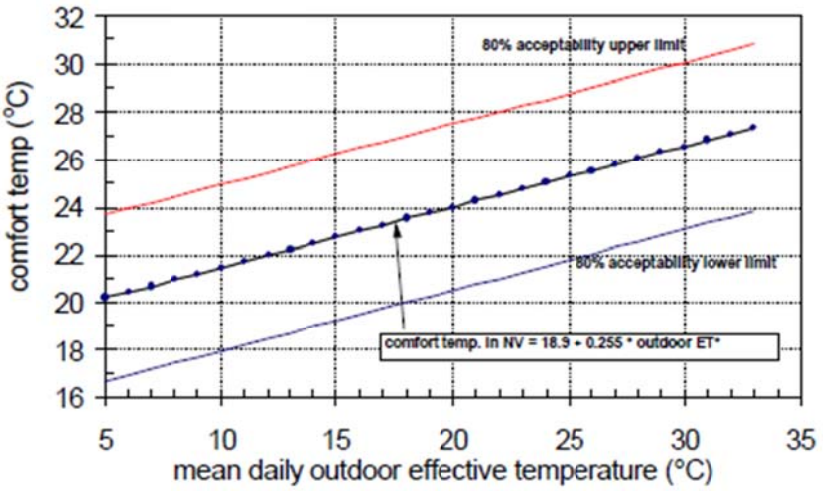


Figura 62: Zona de confort para un 80% de aceptación en ambientes ventilados naturalmente. Fuente: (de Dear et al., 1997)

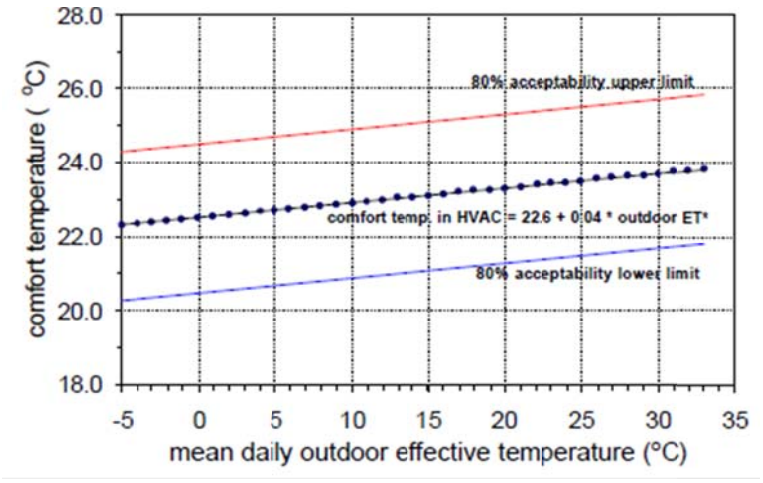


Figura 63: Voto medio predictivo para una aceptación del 80% en ambientes con HVAC. Fuente: (de Dear et al., 1997)

Más cerca de este criterio es la propuesta para resolver la ventilación y parte de la refrigeración en éste edificio de oficinas en Mar del Plata. Al analizar las temperaturas podría decirse que todo el año es fresco incluso en verano, por lo que se tiende a la calefacción más que refrigeración, pero, de acuerdo a la carga térmica interna debida a iluminación, equipos y personas, conforman un valor considerable de calor extra al interior de las oficinas. Por lo tanto además de las renovaciones diarias determinadas, en este caso se opta por recurrir a estrategias de ventilación natural para refrescamiento. La sensación del cuerpo humano cuando se produce movimiento de aire a su alrededor es favorable cuando la temperatura es alta y con humedad, pues el flujo colabora en la evapotranspiración. En cuanto a refrescamiento, son más importantes las velocidades del flujo de aire que el número de renovaciones, si debe considerarse la geometría del espacio interior, ubicación y forma de las aberturas.

Según orientación de la fachada a los vientos predominantes, se obtendrá más porcentaje de ingreso del aire y velocidad.

Figura 64 Vientos dominantes

La ventilación natural más efectiva es la cruzada (con aberturas de entrada y salida). Las velocidades del viento con solo una entrada de frente al exterior, así es la condición de la mayoría de las oficinas en este edificio, son menores, con valores similares en cualquier posición de cara al viento (G. E. Gonzalo & Nota, 2003). Para esta situación es aconsejable disponer de 2 aberturas lo más alejadas entre sí. Y si existen parasoles horizontales, mejor aún si están algo separados del plano vertical pues el aire penetra por ahí y empuja el flujo hacia el interior.

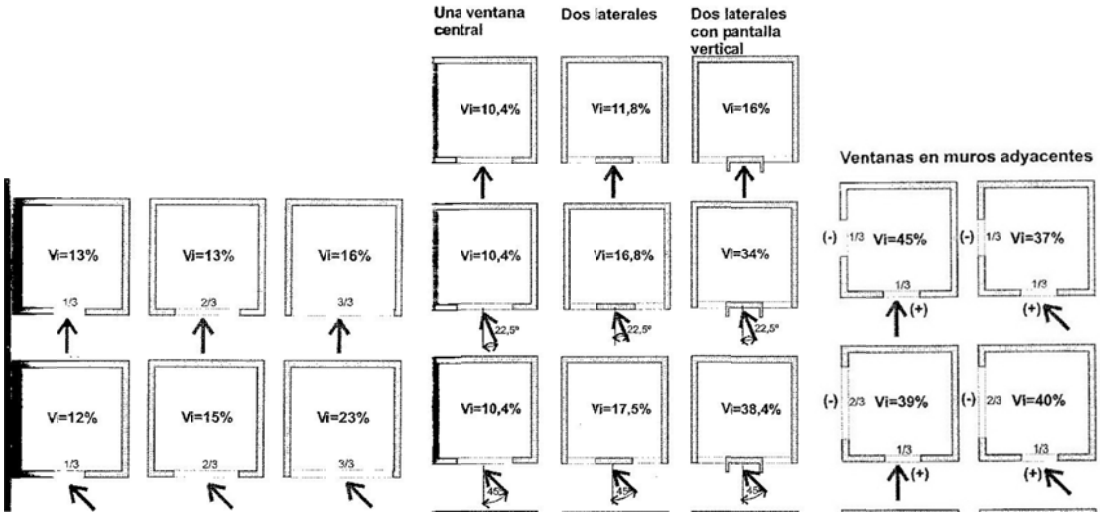


Figura 65. Esquemas relación tipo y cantidad de aberturas, la dirección del viento, para estimar la velocidad del aire interior en porcentajes. En el caso de un solo frente son los vientos oblicuos los que tienen mayor efecto mientras que en el de paredes adyacentes, los perpendiculares. Fuente:(G. E. Gonzalo & Nota, 2003).

Para este edificio, según la implantación y la distribución interior de las oficinas respecto de los vientos dominantes, no es posible contar con una ventilación cruzada más que en los 2 niveles inferiores y en una oficina del 1° piso. Las oficinas reciben aire solo del frente y algunas paredes adyacentes en el caso de las esquineras; en éstas se aprovecha el efecto JET: si la abertura de entrada se halla más cercana al rincón, el aire pega contra la pared y recircula hasta salir.

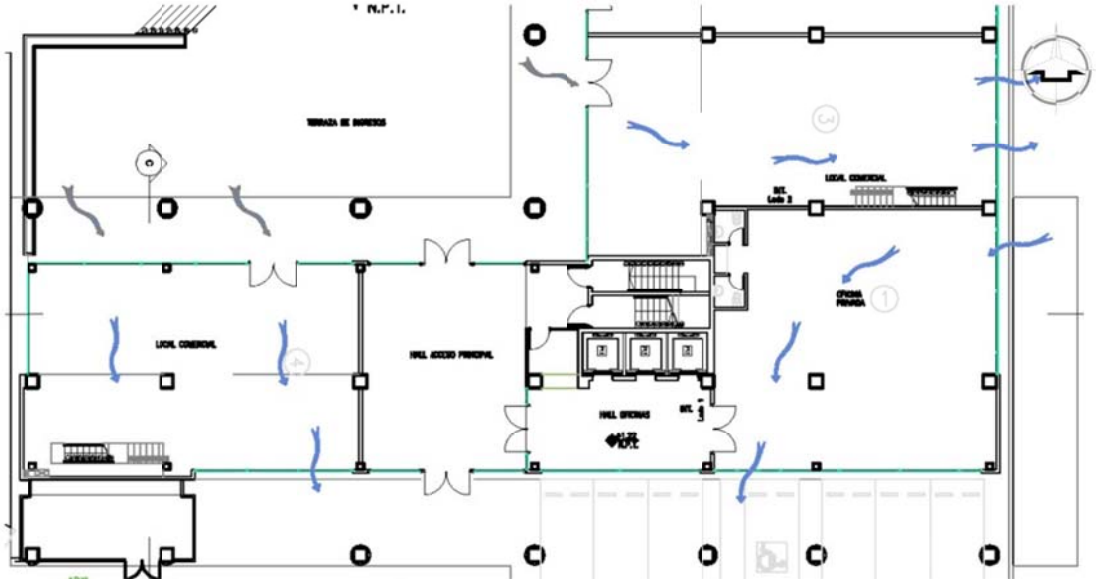


Figura 66. Ventilación cruzada en locales comerciales y efecto JET en oficina esquinera. Sector de la Planta baja.

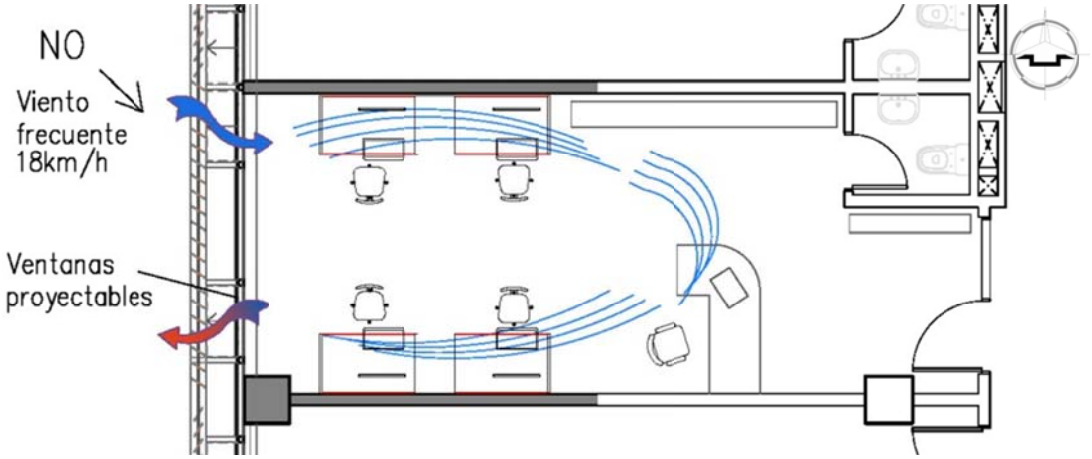


Figura 67. Planta oficina tipo. Ventilación frente con 2 aberturas.

Las aberturas practicables son proyectables aunque también pueden ser oscilo-batientes, prestando atención a las mayores presiones del viento, que no sean excesivas las corrientes internas. Tanto los caudales, velocidades internas y tamaño de las aberturas pueden conocerse mediante cálculos empíricos y simulaciones, además de otras especificaciones con conceptos de fluido dinámica (Figura 67).

Además de las ventanas operables se propone un sistema de extracción de calor a partir de conductos en cada una de las oficinas y que por efecto chimenea con ayuda mecánica con acción convectiva, el aire caliente generado en los interiores de las oficinas por el ingreso de aire exterior, por iluminación, equipos y las personas, sea retirado. Este mecanismo se denomina "efecto chimenea". Una torre de succión aprovecha las diferencias térmicas de presiones, este fenómeno puede incrementarse con captadores solares en la parte superior o bien incorporando un ventilador mecánicamente.

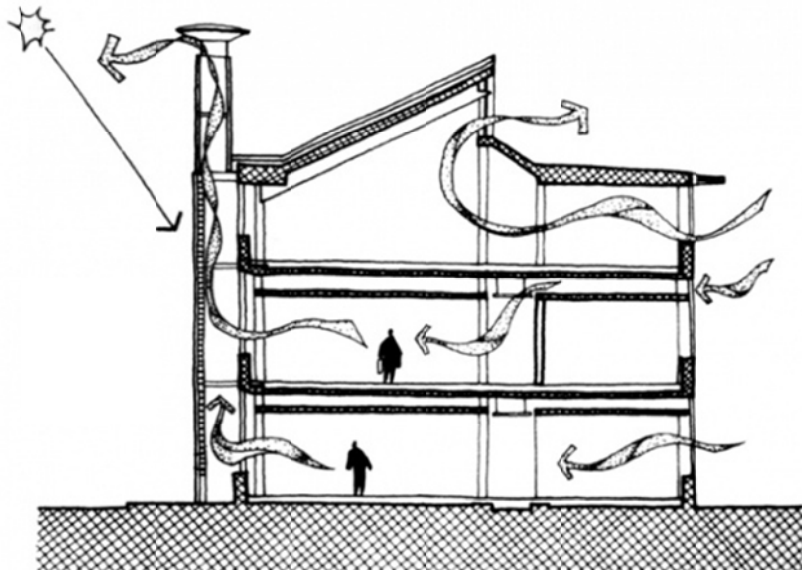


Figura 68. Esquema efecto chimenea

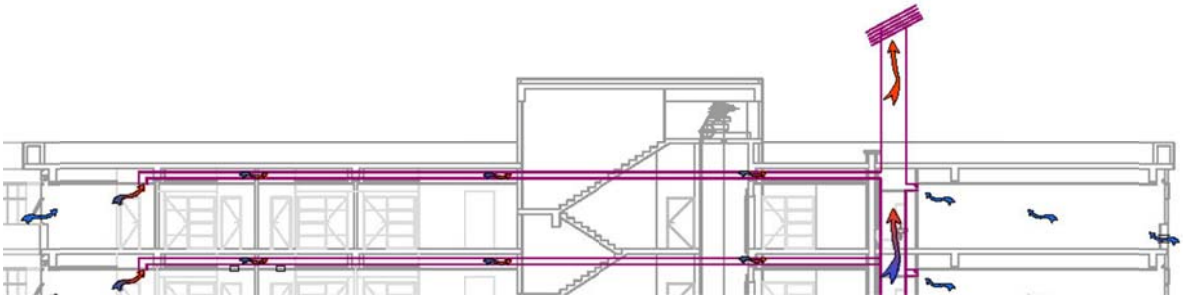


Figura 69. Esquema propuesto de ventilación diurna (izquierda) y nocturna (derecha) en piso superior del edificio.

El funcionamiento en la época estival, con altas temperaturas alrededor de las 14hs, indica que no se abrirán las ventanas, para evitar ingreso de aire caliente. Y también incorporar aire enfriado en los ambientes, proveniente del subsuelo, previo filtrado. La ventilación estructural es un enfriamiento que se realiza por la noche cuando el edificio está inactivo por medio de vanos en la fachada que son exclusivos para la ventilación, aprovechando que usualmente baja la temperatura en la costa al anochecer, permiten enfriar los ambientes (por medio de elementos estructurales, columnas y losas de HA), y al comienzo de la jornada siguiente los ambientes cuentan en su interior con menor carga térmica.

Climatización

Básicamente un sistema de climatización se compone de la fuente de energía primaria; un sistema de producción de calor (caldera de combustible); un sistema de reparto con un elemento caloportador; y los elementos terminales o emisores (suelo radiante).La calefacción y refrigeración por suelo radiante complementa el empleo de gas natural con el uso de caldera de condensación y energía solar térmica. Bomba de calor, deshumificadores y controles de regulación.

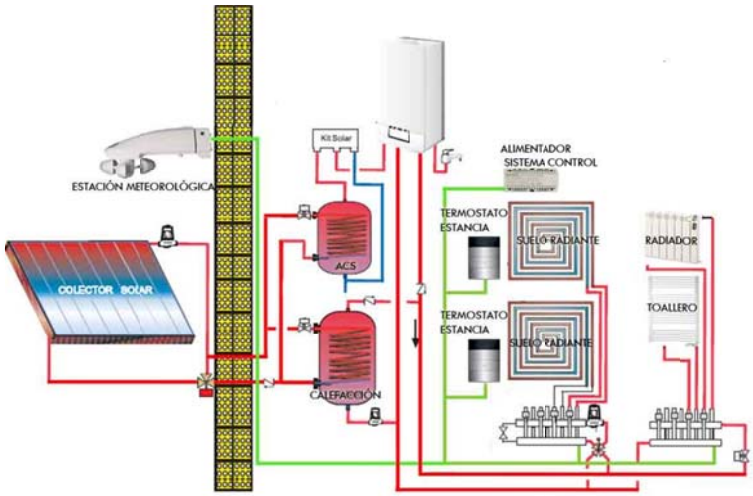


Figura 70. Esquema de funcionamiento sistema suelo radiante-+ colectores solares, acumuladores y sensores.

La forma más eficiente y económica es el sistema de calefacción por suelo radiante, también más limpio, silencioso, confortable y saludable que existe, tanto es así, que es el único aconsejado por la Organización Mundial de la Salud, Su uso no reseca el aire ni las mucosas nasales y no levanta los ácaros del polvo.

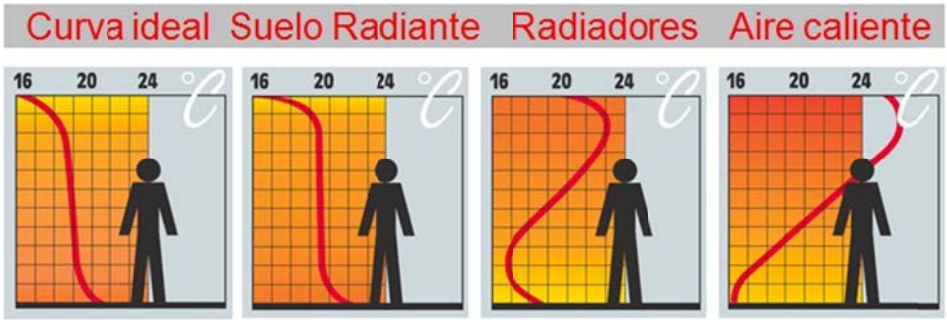


Figura 71. Curva térmica de acuerdo al sistema de calefacción. Fuente: http//neytesa.blogspot.com.ar/2013/03/el-suelo-radiante-la-mejor-calefaccion.html

En el caso de grandes volúmenes, como para este edificio de oficinas, se opta por un sistema de calefacción central mediante una caldera. La caldera funciona con un quemador acoplado que de manera intermitente la regulación de la potencia se hace poniendo en marcha y parando el quemador. Las calderas pueden determinarse en función de su temperatura de trabajo, las convencionales con temperaturas medias de 70°C evitando que baje mucho para evitar condensación y corrosión; las de baja temperatura permiten obtener temperaturas entre 30-40°C siendo más eficientes y con menores problemas de corrosión, y por último las de condensación, también de baja temperatura pero aprovechan el contenido de vapor de los gases de combustión. Como premisa, se elige trabajar con este equipo. La capacidad de las calderas de condensación, de adaptarse en todo momento a la demanda variable de la instalación, gracias a su elevado rango de modulación, unido al aprovechamiento de la condensación gracias a la variación de temperatura de impulsión controlada por la sonda exterior, hace que se consigan ahorros de energía de casi un 20% en la instalación.

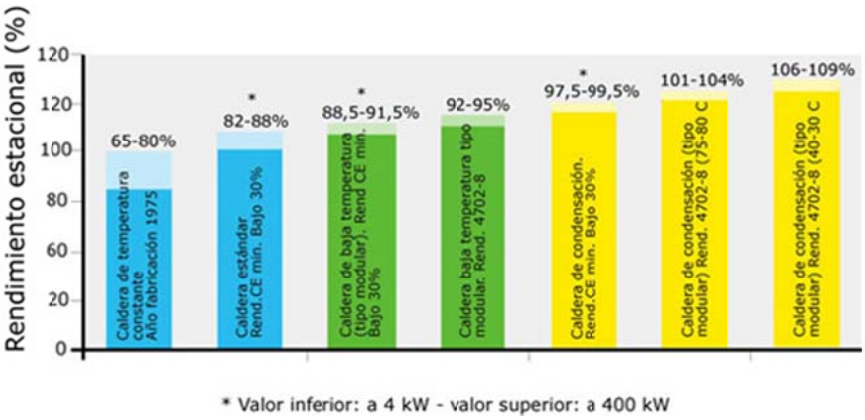


Figura 72. Rendimiento estacional de las calderas de baja condensación respecto de convencionales.

Para la situación de sistema que trabaja con bajas temperaturas, puede utilizarse con un sistema hibrido entre la caldera y bomba de calor. Un programador electrónico determinará el buen rendimiento de la bomba (por ejemplo de acuerdo a la temperatura exterior) y cuando poner en marcha la caldera. La fuente de energía primaria que es el gas natural se puede complementar con el empleo de colectores solares, los cuales pueden colaborar en reducir la demanda de tal fuente. A pesar de que en los días de invierno que los días son más cortos y se observa menor índice de radiación, y estos tienen menor rendimiento, pero existe la posibilidad de realizar una acumulación estacional durante la época de mayor radiación, para lo cual es preciso contar con unos depósitos de considerable tamaño; y en esas épocas disipar en el ambiente el calor excesivo o reutilizar esa energía. La distribución del calor se hace por agua como elemento calo portador. Las tuberías que

llegan hasta los emisores pueden ser de diferentes materiales, pero en este caso no se trata de aparatos- los radiadores- sino la masa radiante son de plástico. Consiste en un circuito de tuberías empotradas bajo el recubrimiento, convirtiendo al plano elegido en un emisor (sea techo, pared o suelo).

Figura 73. Instalación de las conducciones: contrapiso radiante en soporte especial a la izquierda y losa estructural radiante a la derecha.

También para el periodo estival, mediante una bomba de calor, con la intención de reducir siempre el consumo energético al máximo, se utilizarán deshumidificadores de ambiente necesarios para crear un ambiente fresco y agradable evitando condensación en vidrios y suelo, y que funcionan con la misma agua fría que genera la bomba de calor.

Es importante regular el comportamiento del sistema, las temperaturas según sea el caso, brindando en cada momento la potencia adecuada a las necesidades del edificio o local en particular a climatizar. La potencia a demarcar será la máxima necesaria en el momento más frío de un año promedio. El resto de los días las temperaturas son mayores que la indicada, por lo tanto menor requerimiento de calor; esto no sólo varía por temporada sino por momentos del día o semanalmente. La regulación puede referirse a momentos del día, temperatura del caloportador o caudal. El sistema de regulación proporcional es aquel referido al caloportador; es un sistema electrónico que recibe una señal con el valor de temperatura exterior, y a partir de tal regula la temperatura del agua enviada a los emisores. La potencia emitida por los emisores (radiadores o suelo radiante), depende de su superficie y la relación con el ambiente interior climatizado; la superficie es la misma por lo tanto la variable es la temperatura del caloportador. También el requerimiento de calor depende del sistema y materiales conformantes del cerramiento en contacto con el exterior, la necesidad de ventilación y la relación de temperatura entre interior-exterior. La regulación de la temperatura del caloportador se hace mediante una válvula multivía motorizada (de tres o cuatro vías) que mezcla el agua de la caldera con agua del retorno (ya enfriada) para conseguir la temperatura adecuada empleando una mezcladora cuando la caldera trabaja a altas temperaturas (80°C). Pero en el caso de una caldera de condensación, esto no es necesario, sino que solo se utiliza una aguja hidráulica (La aguja hidráulica, se coloca para que la diferencia de potencia de las bombas, no entre en conflicto).También es la única que funciona correctamente en el suelo radiante, en donde la temperatura de impulsión siempre es más baja que la producida en la caldera. La regulación de la caldera es independiente mediante un termostato pero por tiempo, para mantener en el circuito de la caldera una temperatura uniforme a la que funcione mejor.

Figura 74. Válvula de 3 vías, aguja hidráulica, termostato zonal y sonda exterior.

Respecto de la regulación de temperatura en los locales habitables, deben trabajar mejor con un sistema de sonda exterior, el cual se basa en que las pérdidas de calor de un edificio, son constantes, por lo que según baja la temperatura exterior, se aumenta la de impulsión al suelo radiante. En el diseño general del sistema de climatización deberá estimarse por áreas del edificio de acuerdo a ocupación y orientaciones. Los Accesorios: circuladores, vaso de expansión, dilatadores, purgadores, llaves de paso y corte, llaves de regulación, termómetros y termostatos.

Refrigeración

Como se indicó anteriormente, según los cálculos realizados a partir de las temperaturas medias del lugar, se determinó la carga térmica en calefacción, y que es preciso calefaccionar la mayoría del año según estos indicadores. No es hasta la instancia del cálculo de refrigeración (ver apartado) cuando se determina la carga necesaria, en donde intervienen otros condicionantes que provocan el aumento de la demanda energética, aparte de la situación de la envolvente, y que se refiere sobre todo a las cargas internas que suman calor . Inicialmente se estimó un sistema de climatización por suelo radiante el cual puede servir para el periodo frío y el cálido invirtiendo el ciclo; pero al considerar las cargas internas surge la imperiosa necesidad de climatización mecánica enfriamiento, incluso podría precisarse durante el invierno.

Para la situación de grandes volúmenes es aconsejable la instalación de un aire acondicionado centralizado del tipo HVAC (heating ventilation and air conditioning) para ahorro de energía, pero con posibilidad de manejo por zonas, pues cada oficina es independiente. Para climatización de edificios con oficinas particulares, se recomienda la UT (Unidad terminal) ya sea de condensación por agua para instalaciones de más de 600TR o por aire con menos de 600TR, que tenga un manejo de caudal versátil[xii]. Puede ser VAV (volumen de aire variable) donde varían los flujos de aire o VRV (volumen de refrigerante variable). Éste último admite varias unidades evaporadoras conectadas a un condensador, y permite trabajar con un compresor de velocidad variable donde varía la potencia del mismo: entrega mayor o menor cantidad de refrigerante a cada local según lo indicado por el termostato individual. Al variar la potencia del compresor regularmente, evita paradas innecesarias del sistema. Las unidades evaporadoras cuentan con una válvula de expansión electrónica. La ventaja es que envían frío donde se necesita realmente, aparte de poder invertir el ciclo y de seleccionar la temperatura deseada, puede considerarse que algunas unidades estén apagadas. Esto es muy útil para un edifico de oficinas particulares, donde además de una zonificación por zonas climáticas de acuerdo a la envolvente y cada unidad locativa.

El sistema tradicional aire - agua , se compone del equipo de generación térmica (una enfriadora o bomba) que enfría o calienta el agua en circuito cerrado; la red de tuberías que distribuye el agua hacia los climatizadores (fancoils) donde intercambian esta energía con el aire, consiguiendo calentar o enfriar el aire del local .Aquí se va moviendo la energía primero electricidad más el aire en versión condensación o evaporación del gas, la energía de éste pasa al agua, y la del agua para acondicionar el aire del local.

Un sistema VRV se compone de: una unidad evaporadora exterior, similar a cualquier otro solo que funciona de manera más compleja pues a través de la energía eléctrica y aire exterior consigue evaporar o condensar el gas que luego se distribuye. La unidad condensadora, las cañerías (cobre) distribuidoras del gas refrigerante, una válvula de expansión electrónica y controles necesarios para la eficiencia de todo el sistema permite que la unidad exterior conozca en todo momento el número de unidades interiores en funcionamiento y adapte el sistema según convenga, incluso detener el sistema si no hay ningún equipo terminal funcionando.

La distribución básica es por 2 tubos, uno conduce el fluido refrigerante (líquido para frío, gaseoso para calor) y el otro tubo es el retorno; este sistema sirve tanto para calefacción y refrigeración pero no simultáneamente. Para tal fin sería preciso 4 tubos, y se emplean en general en edificios industriales, o con varios usos y demandas como un hospital. Pero también puede ser de 3 pudiendo utilizar algunas unidades en frío mientras otras funcionan en calefacción; este modo de funcionamiento no es muy habitual y será necesario sólo en casos especiales, como salas con grandes cargas térmicas internas (salas de reuniones, centros de procesamiento de datos, etc[xiii]. Para el caso de estudio se propone la utilización del sistema de 2 tubos.

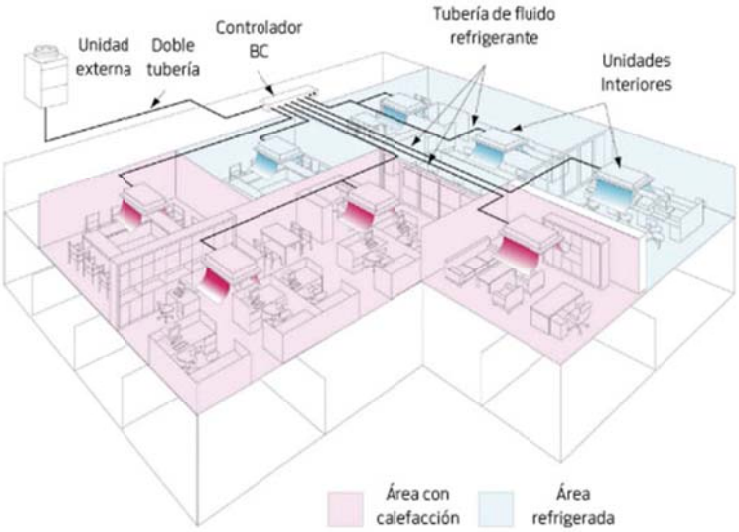


Figura 75. Sistema de refrigeración HVAC del tipo aire-agua donde se precisa simultáneamente locales calefaccionados y refrigerados. Fuente: revista digital MUNDO HVAC&R (disponible en http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/).

Se ha optado por el sistema VRV por sus condiciones generales que implican un ahorro de energía en el funcionamiento del mismo. También en modo de aprovechamiento de la energía, es interesante contar con free cooling (enfriamiento libre) recomendado para climas donde las noches son más frías en periodo cálido, puede aprovecharse para enfriar el edificio solo consumiendo energía para los ventiladores que quitan el aire interior e inyectan el aire fresco exterior . También puede emplearse el aire exterior en invierno, pues el aire exterior más frío que el interior por las cargas internas por ocupación, equipamiento e iluminación, colaboraría en el confort interior sin necesidad de recurrir a refrigeración (aire acondicionado).

La idea global para climatización es vincular los sistemas de calefacción y refrigeración, con las fuentes primarias de energía propuestas: colectores solares con la caldera de baja condensación para suelo radiante y energía geotérmica para el sistema de refrigeración.

Para tal fin es conveniente que el sistema principal del equipo de compresión sea de condensación por agua. el mismo se compone de la maquina enfriadora, las torres de enfriamiento, la bomba de agua fría, la bomba del agua de condensación, el tanque de expansión, un sistema de tratamiento químico del agua de condensado, y las UTA (unidades tratamiento del aire). El enfriamiento por

agua Produce condensación a baja temperatura, por lo tanto confiere un ahorro energético; la desventaja puede ser- respecto a un sistema condensado por aire- la necesidad de más cantidad de equipos y mantenimiento, y la doble cañería por el condensado. Entonces para el caso de estudio se plantea el intercambio de calor con el suelo, aprovechando la energía geotérmica, mediante serpentinas por donde circula en circuito cerrado. El optar por recurrir a esta energía alternativa, es que se combina mejor con el sistema de condensación por agua del tipo VRV.

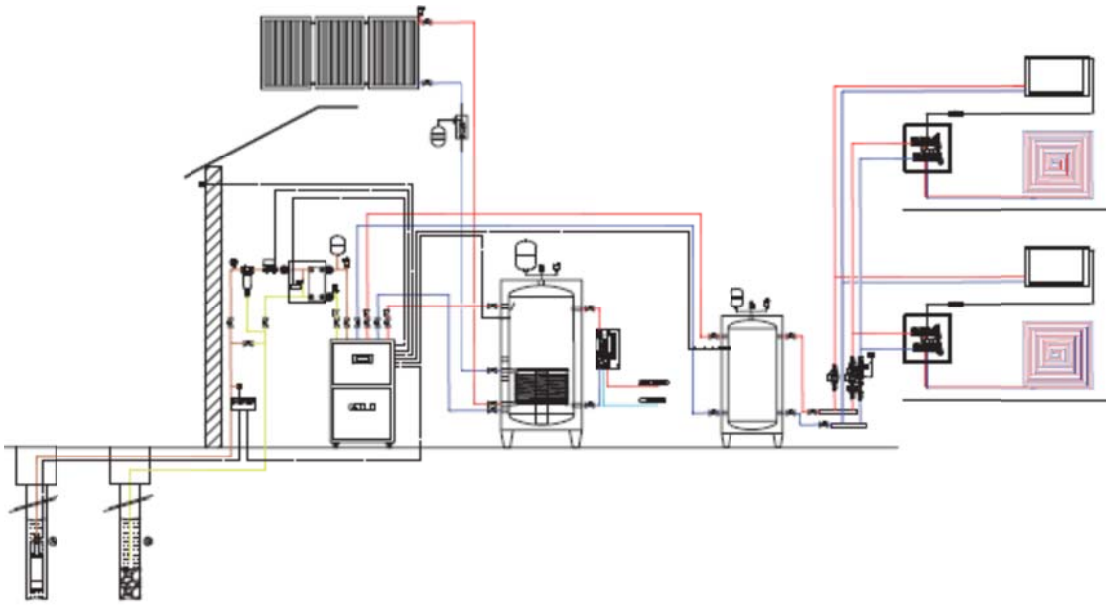


Figura 76. Esquema sistema integrado con bomba de calor geotérmica y colectores solares, suelo radiante. Fuente: GEOLO.

Aprovechamiento Geotérmico y Bombas de calor

La geotermia es una buena opción como fuente de energía renovable y sostenible. Existen varios rangos de potencial entálpico, en yacimientos de muy alta entalpia, alta y media- termales y calefacción distrital- y baja y muy baja temperatura.

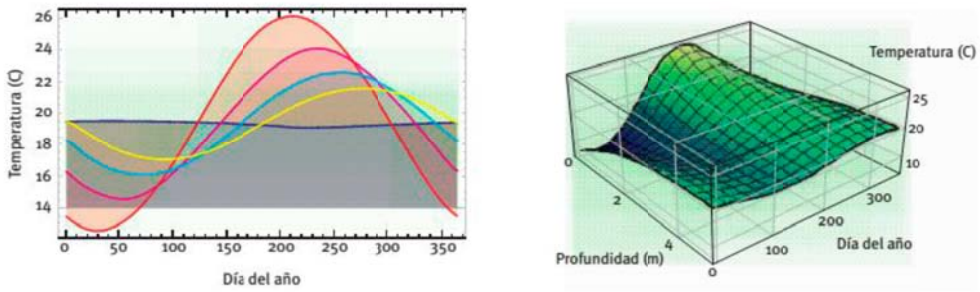


Figura 77: Variación temperatura del suelo en función de profundidad y época del año. Fuente: publicación IADE + Ministerio de Industria Energía y turismo.

La energía proveniente de la radiación solar, precipitaciones y otros efectos atmosféricos, se transmite diariamente a la superficie de la tierra produciéndose un equilibrio térmico. Consecuentemente la temperatura de la tierra luego de los 10m de profundidad, se mantiene constante y se aproxima a la media anual de la región. Entre la superficie y los 10m, si variará la temperatura de acuerdo a características del suelo y la profundidad. También de acuerdo a la

época del año y la inercia del terreno, las temperaturas del suelo de retrasan casi 1 mes respecto de las capas superficiales. El gradiente geotérmico se define como la variación de temperatura respecto de la profundidad y se mide en °C/km. Con este gradiente pueden establecerse 3 típicas clasificaciones: desde la superficie a 10-12m, la temperatura del suelo varía por el intercambio atmosférico y el sol; hasta 60-80m, existe una zona neutral y se mantiene prácticamente constante; de allí en más, se define un gradiente claro, entre los 15-30°C, si es que no existen alteraciones zonales tales como aguas subterráneas, sistemas kársticos, etc. (Tabla 6.)

Recursos geotérmicos		Temperaturas	Tecnología	Aplicación
	Muy baja entalpía	5-25°C	Utiliza bomba de calor	Usos directos Climatización
	Baja entalpía	25-50°C	Puede precisar bomba de calor	Usos directos
		50-100°C		Usos directos
	Media entalpía	100-150°C	Ciclos binarios	Electricidad Procesos
	Alta entalpía	>150°C		Electricidad
No convencionales	EGS - HDR	>150°C	Ciclos binarios	Electricidad
	Supercríticos	>300°C		Electricidad Hidrógeno

Tabla 6: Clasificación del aprovechamiento geotermal según profundidad. Fuente: Manual de Geotermia, Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

El aprovechamiento geotermal de bajas temperaturas, precisa bombas de calor. Una bomba de calor es una máquina que transfiere calor desde un foco frio a otro caliente, para lo cual utiliza una pequeña cantidad de trabajo, energía eléctrica calefacción, y en el sentido inverso para refrigeración. Una importante ventaja del uso de las bombas de calor geotérmicas (BCG), es el ahorro energético y eficiencia - un 50% de la energía primaria- y facilidad de mantenimiento, escasez de ruido, eliminación de equipos exteriores y uso de tecnologías conocidas en los sistemas. Una BCG básicamente transfiere el calor a o desde un edificio o proceso al suelo. Así se obtiene una menor energía primaria por parte del compresor. Su mejor rendimiento se basa no en las tecnologías o componentes, sino el aprovechamiento del principio de termodinámica mediante una gestión eficiente de la fuente térmica que es el terreno.

Existen varios sistemas de intercambio: los circuitos abiertos, donde se capta de un recurso hídrico-toma agua y la devuelve al origen, y los cerrados, donde un fluido caloportador en tuberías realiza el intercambio. Y además si el circuito es horizontal, vertical, de doble hélice, etc. Esta elección hace que aumente el COP de la bomba, tanto para calefacción como refrigeración, eficientemente en comparación con fuentes de aire. El COP (coeficiente of performance) es la razón entre la potencia suministrada por la bomba y su consumo eléctrico. Como se mencionó anteriormente, este sistema precisa de un fluido caloportador, que puede ser agua o agua más un anticongelante para regiones específicas.

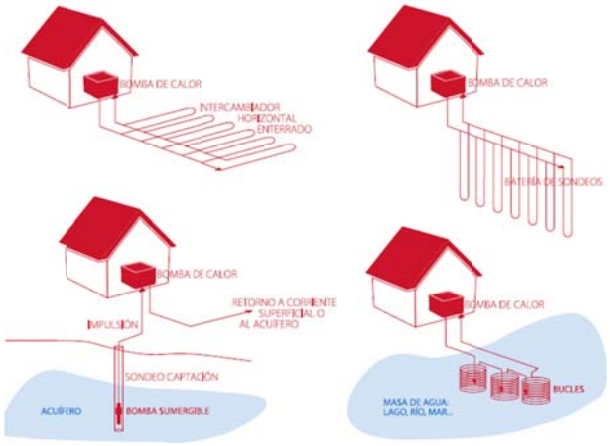


Figura 78: Tipos de circuitos serpentinas verticales y horizontales. Fuente: Geoplat

Colectores solares térmicos

Como se mencionó anteriormente, una buena opción para el sistema de climatización es el empleo de paneles solares térmicos como energía auxiliar de apoyo, el cual puede significar el 20% de la demanda y también para agua caliente de los lavatorios. La energía solar térmica es diferente y mucho más eficiente que la energía solar fotovoltaica (que convierte la energía solar directamente en electricidad). Los paneles solares térmicos transforman la radiación solar en energía térmica obteniendo agua calentada para consumo doméstico o industrial y destinar al uso de agua caliente sanitaria (A.C.S.) climatización de locales habitables y de piscinas.

Figura 79. Imágenes de colectores solares. Fuente: Agencia andaluza de la energía-Españahttps://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/administracion/renovables/energia-termica/energia-solar-termica/energia-solar-termica-andalucia

Los colectores de energía solar térmica están clasificados como colectores de baja, media y alta temperatura. Los de baja temperatura, calientan agua, los de media agua y aire generalmente son placas planas. Los colectores de alta temperatura concentran la luz solar usando espejos o lentes, planos o curvos y generalmente son usados para la producción de energía eléctrica. Los equipos pueden ser placas planas, tubos de vacío o absorbentes (sin protección). Placa plana: El alma del sistema es un enrejado vertical de tubos metálicos que conducen el agua fría en paralelo, conectados por abajo por un tubo horizontal en la toma de agua fría y por arriba por otro similar al retorno. Tubos: los tubos metálicos se sustituyen por tubos de vidrio, introducidos, de uno en uno, en otro tubo de vidrio (cristal borosilcato sustituyendo al cobre últimamente) entre los que se hace el vacío como aislamiento. Lo más ventajoso es que tienen muy alto rendimiento, y que pueden repararse estos individualmente. Los tubos de calor por cambio de fase (con tubo de cobre):aprovechan el cambio de fase de vapor a líquido dentro de cada tubo, para entregar energía

a un segundo circuito de líquido de transporte; al calentarse por el sol, hierve y se convierte en vapor que sube a la parte superior en contacto con el líquido transportador, el cual siendo más frío que el vapor del tubo, capta el calor provocando que el vapor se condense y caiga en la parte baja del tubo para volver a empezar el ciclo. El líquido del tubo puede ser agua, a la que se le ha reducido la presión hasta un vacío parcial, tendrá un punto de ebullición bajo, lo que permite trabajar incluso con la insolación de los rayos infrarrojos en caso de presencia de nubes.

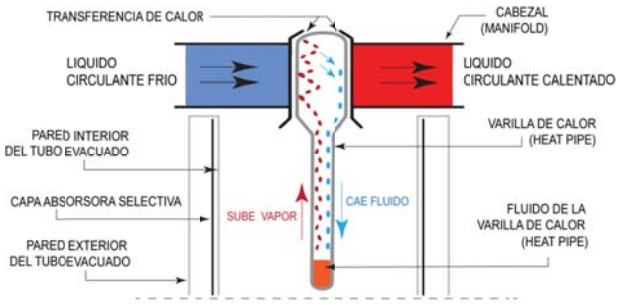


Figura 80. Esquema del sistema de funcionamiento captadores solares
http://www.autoxuga.com/energiasolar/introenergiasolar.html

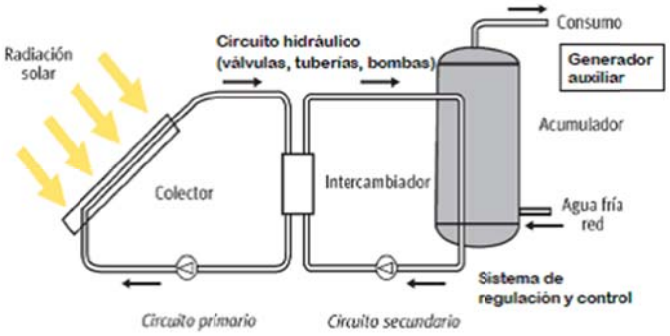


Figura 81.Esquema de instalación solar térmica de baja temperatura.Fuente:
http://www.autoxuga.com/energiasolar/introenergiasolar.html

La instalación se compone de los captadores solares, un circuito primario (cerrado conecta colector y acumulador) y secundario (circuito del consumo) intercambiador de calor (transfiere el calor de las placas mediante un serpentín previo acumular), acumulador(tanque donde se acumula el agua precalentada para su posterior uso) , vaso de expansión(absorbe variaciones de volumen del fluido caloportador) y tuberías (cañerías de acero inoxidable BPDN aislada con espuma elastomérica y rodeada de una mica de EPDM). Si el sistema funciona por termosifón será la diferencia de densidad por cambio de temperatura la que moverá el líquido; si el sistema es forzado entonces se precisaran bombas (2 por cada circuito) y un panel de control principal.

Para el sistema de calefacción, es necesario los intercambiadores térmicos de placas para transferir el calor al relacionarse con el tanque acumulador, la caldera y la propia instalación de suelo radiante por donde circula el agua entre 35º y 45 º manteniendo una temperatura ambiente entre 18 y 22 º C . Y con un regulador, se le puede dar prioridad al uso de lavado de manos.

DATOS BÁSICOS DEL COLECTOR	
Colector	Con 30 tubos
Largo Total 1	1980 mm
Alto Total 2	156 mm
Ancho Total 3	2196 mm
Área de Absorbancia 4	2,4 m²
Área de Apertura 5	2,82 m²
Área Total	4,35 m²
Peso Total	94,8 kg
Potencia Pico	1,944 Watts / 6,632 Btu

*Datos obtenidos en ITW report OKCOLUXOS. Calculado al mediodía (trans IAM = 1) G=1000W/m2, ΔT (tm-ta)=0

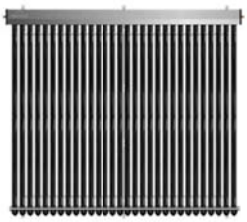


Figura 82. Los colectores solares APRICUS otorgan una vida útil de más de 30 AÑOS y ofrece una línea completa de productos solares térmicos con varilla de calor (heat-pipe), un sistema usado en toda la industria con excelentes resultados.

Debe estudiarse bien las posibilidades del mercado y establecer la carga definitiva que cubrirá de la demanda en calefacción y agua caliente sanitaria, pero es factible como sistema colaborativo con la idea de reducir consumo de gas natural y emisiones de CO2 a la atmosfera. En el caso del edificio, por su implantación, solo se utilizaría la azotea del volumen más alto, pues la otra recibiría sombra durante el amanecer y pasado el mediodía.

Uso racional de Agua

El cuidado del agua resulta más primordial que el de la energía en cuanto a que estamos tratando directamente con un recurso natural, el cual implica también notable energía para su potabilización, suministro y evacuación. La creciente población también demanda más cantidades de agua por persona, teniendo en cuenta que el agua potable es fundamental para la salud y solo 4lts de los 150 estimados por persona son para beber. Pensando en los efectos del cambio climático sobre las pautas de lluvias y que los recursos hídricos se volverán escasos, estas cuestiones deben estar presentes en las decisiones futuras. Los edificios (Reino Unido)[xiv] consumen alrededor de 50% del agua potable para diferentes etapas, por lo cual se hace imperiosa la necesidad de administrar este recurso para seguir preservándolo. Las medidas posibles son: artefactos y equipos eficientes que reduzcan la cantidad de agua necesaria, separar las aguas residuales y pluviales reciclando y reutilizando, propiciar las superficies permeables en terreno natural (no recargar el sistema sanitario) e incorporar sistemas de control y gestión del uso racional del agua. No solo se cuida el recurso sino también los costos por la demanda; los sistemas de reutilización de aguas grises pueden conseguir un ahorro de entre un 30% y un 45% de agua potable.

Para este edificio, se propone la separación de aguas grises y la recolección del agua de lluvia para su reutilización, instalar artefactos eficientes tales como inodoros con doble descarga y lavatorios con canillas con control del caudal y un sistema de control del consumo.

- **Aguas grises:** las aguas residuales se dividen en grises (provienen de lavatorios, lavabos, duchas, piletas de lavar y lavarropas) y negras (efluentes cloacales). Las grises generalmente se descomponen más deprisa que las aguas negras y tienen mucho menos nitrógeno y fósforo; aunque en realidad contienen algún porcentaje de aguas negras (por el lavado de manos luego de usar inodoro) incluyendo patógenos de varias clases. Pero las grises pueden recuperarse para riego de plantas (no comestibles) y también específicamente para la descarga de los inodoros, pues no es necesario que esta agua sea potable. Tratándolas, previo filtrado en cisternas, o pueden ser depuradas mecánicamente por radiación ultravioleta y biológicamente en lagunas artificiales (humedales) con filtrado de arenas, gravas, plantas específicas, lodos activados y radiación ultravioleta y otros.

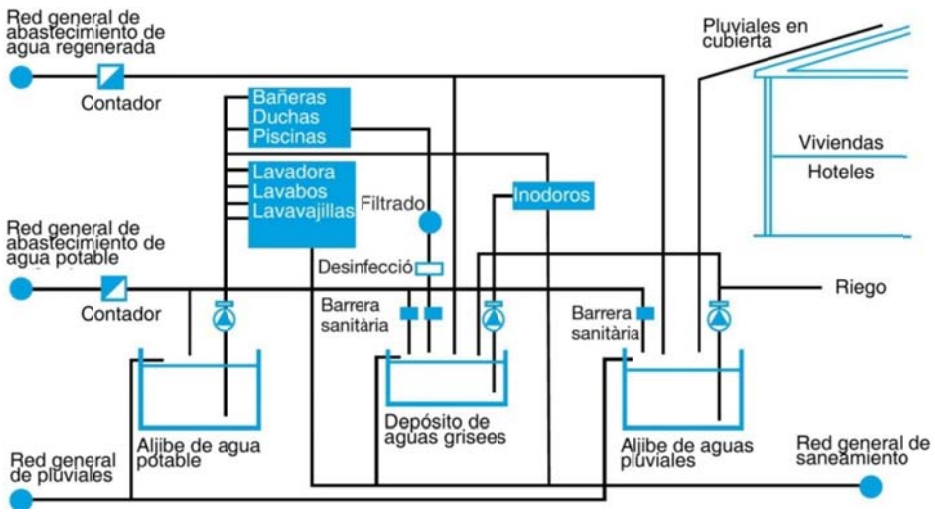


Figura 83. Esquema del sistema de separación y reutilización de las aguas residuales y pluviales.

- Aguas pluviales: miles de litros son enviados directamente a la calle y pueden recargar el sistema de saneamiento de la ciudad o provocar inundaciones; hay ciudades o partidos en la provincia de Buenos Aires en donde es obligatorio retener el agua de lluvia durante fuertes tormentas en el predio, para mitigar la carga urbana. Por otro lado este agua, es altamente aprovechable también para riego, limpieza, descarga de inodoros y la higiene personal. Incluso, en sitios donde no hay mucha disponibilidad de agua potable, puede hervirse para beber o tratarla con radiación ultravioleta para su depuración. Por lo tanto, es una manera de no impactar en la infraestructura de la ciudad y al mismo tiempo aprovechar el recurso en el mismo predio. En este caso, sin necesidad de que sea potable, se utilizará para los destinos mencionados, en descargas inodoros, riego y limpieza canillas de servicio. En combinación con el reciclaje de las aguas grises, incendio, y la demanda usual de agua potable.

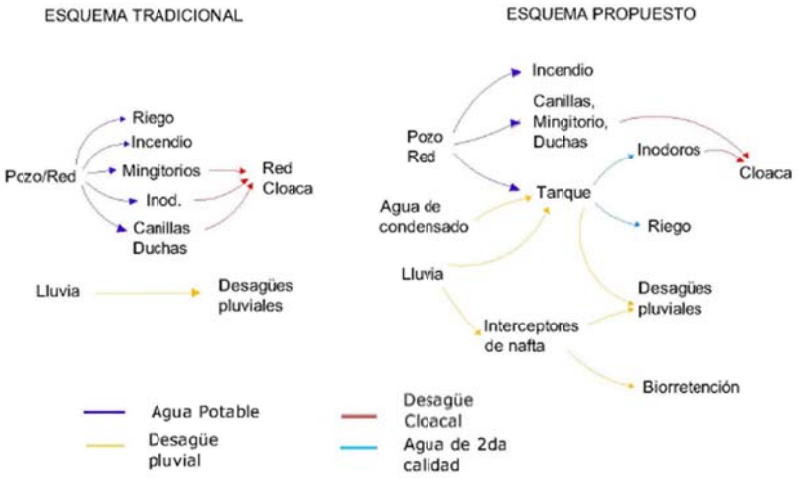


Figura 84. Esquemas del uso del agua tradicional- pleno agua potable y racional- ahorro con reciclaje. Fuente (Duran 2014).

En este edificio de notable envergadura si se suman todos los requerimientos se nota el impacto de emplear desmedidamente tal recurso. A continuación se muestra la comparativa de dos esquemas de implementación en el empleo del agua.

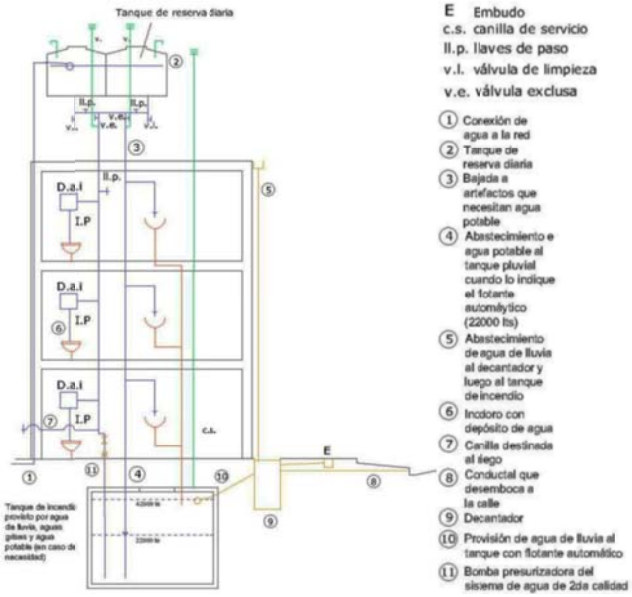


Figura 85.Esquema instalación agua de lluvia en edificio torre Fuente (Duran 2014).

Calculo estimado

Para un diseño que considere la utilización de las aguas de lluvia, es preciso contar con espacio suficiente para ubicación de los depósitos y dimensionarlos de acuerdo a los parámetros pluviométricos de la zona y la superficie colectora. Esto es más factible en obras nuevas. En este edificio se recolectará el agua proveniente de las azoteas, y es posible añadir la proveniente de la plaza seca, veredas y sector cocheras en planta baja, previo tratamiento. Puede realizarse un cálculo global:

DATOS	
Promedio anual de lluvia Mar del Plata	1129,55 mm
Promedio mensual de lluvia	94,13 mm
Promedio semanal de lluvia	22,78 mm
Cantidad inodoros a abastecer	245
Cantidad canillas riego (PB y terraza)	5
Cantidad litros descarga inodoros c/u	140 lts
Cantidad litros uso canilla / m2	10 lts
Promedio días con lluvia en el mes	9
Supeficie util azoteas	1400 m2
Abastecimiento tanque	5 dias
Calculo tanque agua de lluvia:	
Reserva diaria	
245 inodoros x 140ltsc/u	34300 lts
Sistema de riego controlado *	500 lts
Reserva diaria total	**34800 lts**
Reserva semanal	
34800 x 5 días (inodoros + riego)	**174000 lts**
Dimensionado tanque lluvia	
0,023m x1400m2	32,2 m3
Capacidad	32.200 lts
Agua potable	
245 lavatorios x 60lts c/canilla	14700 lts
Reserva semanal x 5días	73500 lts

Por lo visto de acuerdo los cálculos con el método del Arq. Durán (2014) a la cantidad de lluvia posible de recolectar y almacenar para descarga de inodoros y canillas de riego, el caudal a aprovechar se aproxima a la demanda diaria estimada, pero cubriendo apenas el 18,5% de la demanda semanal. Lo restante se cubre con agua potable y reciclado de aguas grises de los lavatorios.

Ahora bien, los cálculos realizados son respecto a artefactos convencionales, mientras que si elegimos aquellos que ahorran agua se estima un ahorro del 50% (ver siguiente apartado de griferías y artefactos) entonces la demanda semanal pasaría a 174000lts (contando las canillas de servicio) al emplear inodoros con doble descarga la demanda se reduce a 87.000lts semanalmente; así la parte a cubrir por el agua de lluvia reciclada equivale a un 37% de la demanda semanal. Lo demás es agua potable exclusivamente para los lavatorios en los toilettes de las oficinas, una demanda diaria de 14.700 lts (245 lavatorios x 60lts c/u)xv resulta 73500 lts de agua semanal, también previendo griferías ahorradoras, el valor se la demanda se reduce en un 50 % a 36.750lts semanalmente.

Puede decirse entonces que la demanda total, agua potable más reciclada de lluvia -descartando la reserva para incendio- equivale a 128.750lts frente a 260.000lts (si utilizaran artefactos convencionales) equivalente a un 50% de ahorro en la demanda total, y que parte de ésta será alimentada con la recuperación de aguas de lluvia y grises. En este caso lo que más predominancia tiene en el ahorro de agua potable es el empleo de artefactos eficientes, ya que el empleo de agua de lluvia y reciclado aguas grises, es relativo pero no menos importante en la contribución, sobre todo si se mejoran las condiciones sumando posibilidad de emplear las aguas grises.

Los inodoros convencionales emplean aproximadamente unos 10lts para su descarga; si en cambio se emplean los de doble descarga, en promedio serían unos 4,5lts (3 lts y 6lts); esto representa un 50% de ahorro en la demanda del caudal necesario. También existen artefactos que funcionan conjuntamente el lavatorio y el agua desechada, filtros mediante, pasa a formar parte directamente de la cisterna del inodoro Figura 86.

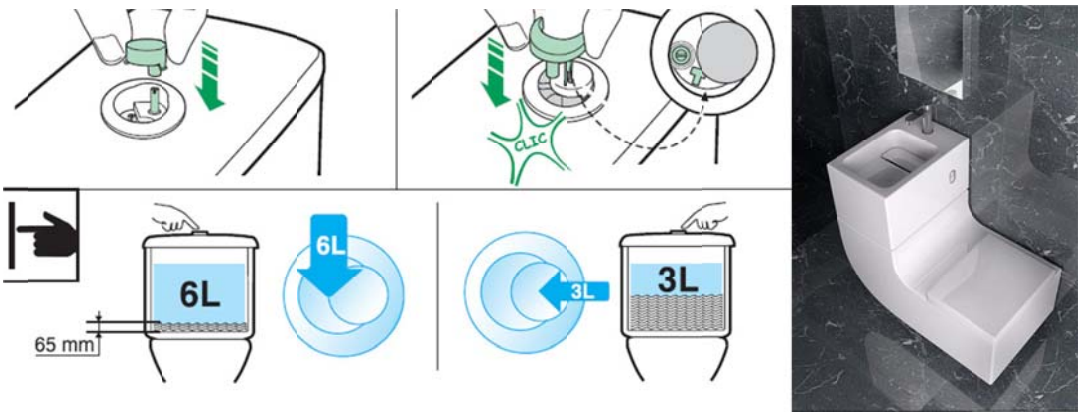


Figura 86. Sistema doble descarga y alternativa uso agua lavatorio e inodoro unificados (Fuente modelo W+W de Roca)

Del mismo modo si se utilizan las canillas con aireadores y reductores de caudal, también representa en promedio un 50% menos demanda de agua potable, pues pasa de unos 15lts a unos 8lts. Los grifos monocomando con mezcladora son más efectivos, y si se coloca un regulador de temperatura, es posible ahorrar en la energía necesaria para calentar el agua. También existen sistemas electrónicos que funcionan con sensores.

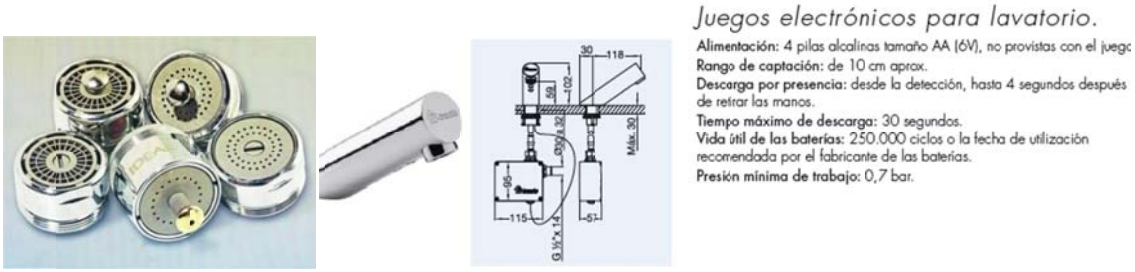


Figura 87. Aireadores y canilla automática con sensores .Fuente FV tronic

Es importante tomar consciencia del recurso del agua potable y prestar atención en su uso y mantenimiento, aparte de contar o no con la posibilidad de artefactos y griferías más eficientes. Se estima que al lavarse las manos se utilizan entre 2 y 18lts, una canilla abierta se consumen unos 10 lts por minuto; si ésta gotea regularmente por fallas supone unos 30lts al día desperdiciados y si lo hace seguido equivale a 700 lts al día. Por lo tanto es imprescindible procurar el buen funcionamiento y ser responsable en cómo se utiliza el agua.

- Aguas negras: En este caso no se profundiza en el tratamiento de las aguas negras, pero sería una acción estimable y responsable ya que en la ciudad de Mar del Plata, existen problemas de contaminación relacionados con los desagües cloacales que son expulsados muy cercanamente en las costas. Aunque la problemática de los efluentes abarca toda la Provincia de Buenos Aires:

"Los problemas de abastecimiento de agua se centran tanto en la calidad como en la cantidad, al ser una de las provincias más densamente poblada e industrializada de la Argentina, existe en ella una alta concentración de núcleos urbanos, que se han desarrollado al amparo de las actividades agropecuarias. Estas ciudades en su mayoría disponen sus efluentes en los cuerpos de agua vecinos, que pueden ser tanto ríos de llanura, de diferentes caudales, lagunas o al propio Océano Atlántico. Según proyecciones del INDEC (2001) para el año *2009 y datos de AYSA*[xvi] *(2009), el 47% (7050000 habitantes) de los habitantes de la provincia de Buenos Aires tiene acceso a la red de desagüe cloacal y el restante 53 % (7950000 habitantes) utilizan otras formas de eliminación (31% en cámara séptica con pozo ciego, 22 % sólo en pozo ciego, y un 0.3 % en hoyos, excavaciones, etc.), estas otras formas de disposición de efluentes aumentan los riesgos de contaminación de las napas freáticas. Además, debe señalarse que aproximadamente solo el 15 % de las aguas conducidas por la red cloacal, recibe algún tipo de tratamiento, y menos del 10 % recibe un tratamiento adecuado. Debido a la capacidad de las actuales Plantas de Tratamiento, se depura una escasa proporción de los efluentes".* [xvii]

Energía eléctrica

Al ser un edificio de oficinas y comercial en planta baja, es considerable la demanda para iluminación, empleo de sistemas artefactos y climatización. Lo principal es reducir lo más posible el requerimiento de iluminación artificial durante el día aprovechando la luz natural. Como las oficinas son privadas, no puede manejarse el tipo de equipos y sistemas de los usuarios, aunque si propiciar buenas conductas y recomendaciones para emplear aquellos más eficientes que ahorran energía, se puede intervenir sobre todo en las aéreas comunes. Igualmente con los artefactos de iluminación, pero se recomiendan lámparas fluorescentes o de bajo consumo, para ambientación general, y halógenas o leds para focalizar más intensamente sobre un punto concreto en el escritorio, mesadas de trabajo, etc. Para el sector de trabajo se recomiendan unos 500 lux de

iluminanciaxviii, con buena apreciación de los colores (Raxix>80) y tonos neutros (Tª color 3.500–5.000 Kxx). En cambio en las aéreas comunes de pasillos con un nivel medio bajo (200 lux) es suficiente, una mediana apreciación de colores (Ra <80) y emplear sensores de presencia.

Figura 88.http://www.osram-latam.com/osram_latam/aplicaciones/edificios-de-oficinas/oficinas-diafanas/index.js

Figura 89. Lámparas para utilizar en oficinas de izquierda a derecha: halógenas, compactas fluorescentes y tubos fluorescentes. Fuente Osram

Las lámparas incandescentes eran muy poco eficientes pues aprovechan solo el 10% de la electricidad para emitir luz, mientras el 90% restante se pierde en forma de calor. En este trabajo se han descartado con el plan de ahorro en energía eléctrica donde se promovió el cambio de lámparas incandescentes por las de bajo consumo. Actualmente se emplean halógenas: Se añade un compuesto gaseoso con halógenos al sistema incandescente que permite regenerar el filamento metálico, lo que hace que mantengan su eficiencia en el tiempo y duren más (1.500 horas). Adecuadas para focalizar la luz sobre un punto concreto e intensamente. Los tubos fluorescentes son tubos de vidrio con gases por donde al circular la corriente se produce la radiación luminosa visible. Eficiencias superiores a las incandescentes consumen un 80% menos de electricidad y su duración es mayor (6.000-9.000 horas de vida útil). Existen en el mercado tubos de alto rendimiento (fluorescentes trifósforo), que proporcionan entre un 15-20% más iluminación para un mismo consumo eléctrico. Para encendidos y apagados poco frecuentes. Debido a que contienen mercurio, tras su uso hay que depositarlos debidamente en un punto limpio. Las fluorescentes compactas son versiones compactas de los tubos fluorescentes pero su vida útil es superior (entre 6.000 y 9.000 horas). Los encendidos y apagados frecuenten reducen su vida útil. Al encenderse tardan unos minutos en alcanzar la máxima intensidad de luz. En cambio, las de tipo electrónico son de menor peso, se encienden al instante y permiten encendidos y apagados frecuentes. Consiste en un dispositivo semiconductor que emite luz cuando se polariza de forma directa y es atravesado por una corriente eléctrica. Producen la misma luz que una bombilla convencional pero usando un 90% menos de energía.

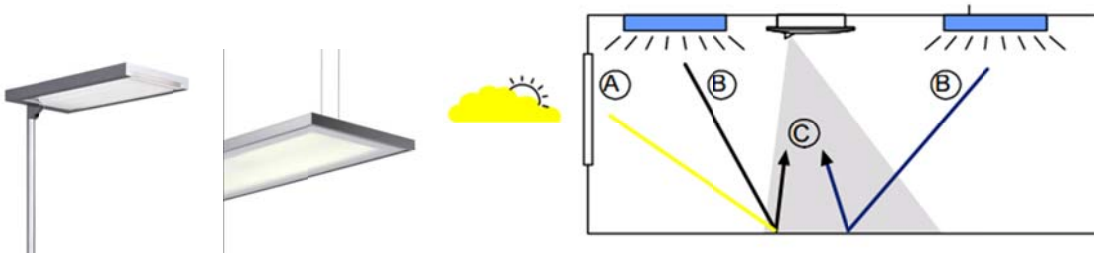


Figura 90. Modelos de luminarias que ayudan en evitar el deslumbramiento (fuente OSRAM) y Empleo de células que controlan el flujo luminoso combinando iluminación natural y artificial.

Para una mejor administración de la electricidad consumida en cuanto a la cantidad de luces utilizada, es interesante contar con la instalación de células fotosensibles, que ajustan automáticamente la cantidad de luz emitida por la lámpara en función del aporte de luz natural que haya en la zona; puede que se conecten y desconecten a un horario o que los cambios sean progresivos.

Es bueno contar con interruptores horarios, con los cuales puede programarse apagar luces durante ciertos horarios o el fin de semana. También empleando detectores de presencia, actúan por movimiento en aéreas poco utilizadas o de manera intermitente como pasillos, cocheras, etc. Con estos procedimientos puede llegar a ahorrarse un 30% en el consumo de electricidad. En cuanto a los equipos eléctricos tales como computadoras, impresoras, fax, plotter y otros complementarios tales como refrigeradores, cafeteras, pava eléctrica, microondas, televisión, cada uno tiene poco consumo de electricidad, pero todos sumados en el edificio por todas las horas de trabajo, pueden llegar a componer del 20 al 70% de la demanda. Por lo cual debe procurarse adquirir equipos más eficientes los cuales consumen menos energía para funcionar y generan menor calor.

Paisajismo

Básicamente lo sugerido es contar con especies autóctonas que requieren poco mantenimiento y demanda de agua potable. En Mar del Plata la vegetación original corresponde a bosques xerófilos de talas sobre los médanos (con conchillas) de 3 a 8m de altura, como los saucos, sombra de toro y coronillos. También las denominadas psamófilas, aquellas que se fijan en el suelo de arena de los médanos costeros, son lo espartillos, tupe y vara dorada. Las hidrófilas ubicadas en bañados, lagunas y arroyos, son los juncales, totorales y pajonales. Y en la zona más serrana, se ubican las saxícolas, que crecen en ambientes rocosos, como el curro, chilca, carquejilla y también los cactus, helechos y líquenes. Luego se han introducido otras especies arbóreas que han persistido de buena manera en el ambiente: eucaliptos, pinos, cedros, cipreses, acacias, álamos, sauces, ligustros, casuarinas, plátanos, olmos, fresnos y robles. En la ciudad existe la reserva natural de Laguna de los Padres, la Reserva Natural Provincial La Restringa del Faro de Punta Mogotes, La Reserva Turística y Forestal Paseo Costanero Sur, y barrios tomados como reservas forestales , siendo los más conocidos el Bosque de Peralta Ramos y Sierra de Los Padres. Por otro lado, en muchas de estas áreas hay una reserva importante con fauna la cual es importante preservar. xxi Según recomendaciones del sector del arbolado del Municipio de General Pueyrredón, para zonas costeras se recomiendan las siguientes especies arbóreas: Dracena (Cordylineaustralis) Siempre verde (Myoporumlaetum), Acacia (trinervis) Acacia longifolia, Aromo (Acaciadealbata) y también algunas otras de las más idóneas en veredas anchas; según exigencias municipales es obligatorio mínimo 2 árboles cada 10m de frente de parcela.

Para el caso de la implantación del edificio se propone ante todo preservar el terreno natural lo más posible, destinar superficies semipermeables para la circulación general e incluso estacionamientos en planta baja, y el resto del terreno plantar árboles en posiciones estratégicas que colaboren en el microclima a nivel peatonal al menos, y utilizar la clase de especies

mencionadas anteriormente en un diseño promoviendo conservar el ecosistema natural incluso agreste del paisaje circundante al edificio.

Figura 91. Imágenes de algunas especies de izq a der: oruga de mar (*Cakilemaritima*), espartillo (*spartinadansiflora*), totora (*Typha latifolia*),Vara Dorada (*Solidagochilensis*).

En cuanto al mantenimiento, como se mencionó, es importante preservar el agua potable por lo cual se propone un sistema de riego controlado, el cual puede contar con sensores de lluvia y humedad para estimar necesidades o no de riego aprovechando las condiciones naturales. El sistema a emplear puede ser el riego por exudación, similar al de goteo, comprende un tubo semienterrado con múltiples perforaciones el cual cuando está lleno, comienza a exudar el líquido al exterior; esta es una de las técnicas que permite mayores ahorros[xxii]. Igualmente la idea es efectuar el riego durante la noche y de acuerdo a la época del año, siendo en verano la mayor demanda, se presupone una baja demanda semanal de acuerdo a las especies seleccionadas.

DOCUMENTACIÓN GRÁFICA DEL CASO MEJORADO

Asoleamiento Diseño de las fachadas

Figura 92. Fachada Este

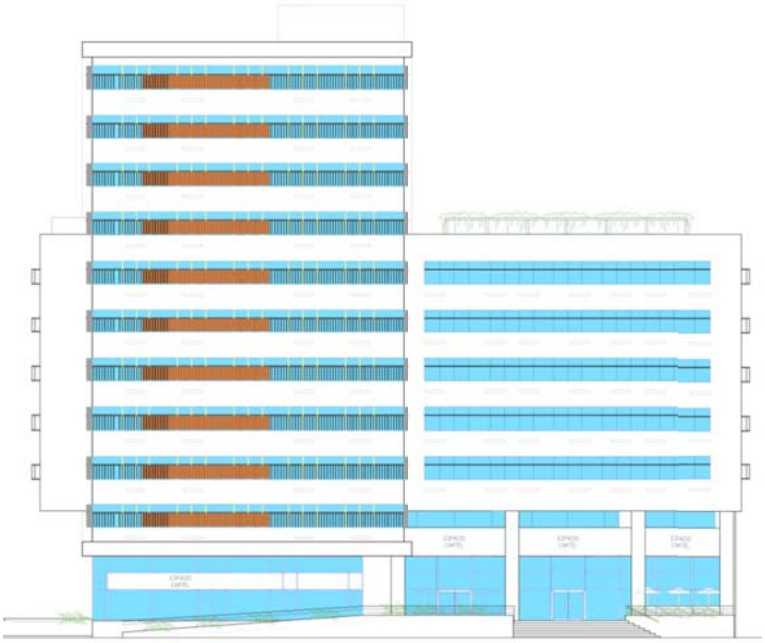


Figura 93: Fachada Norte

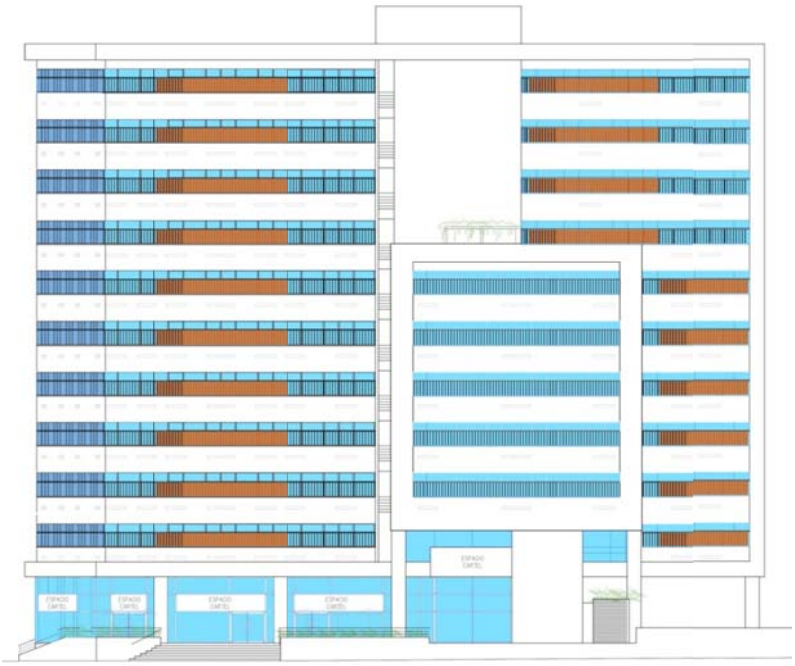


Figura 94: Fachada Oeste

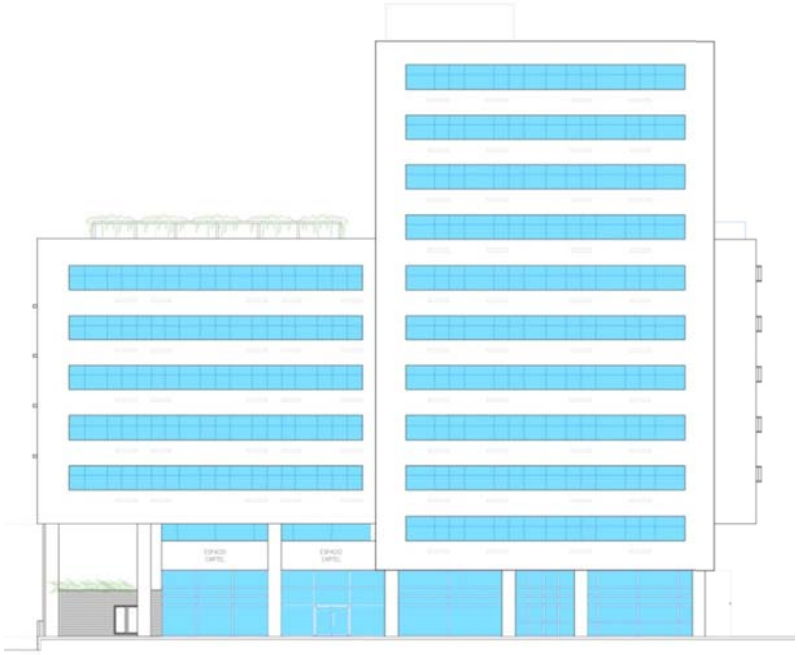


Figura 95: Fachada Sur

Figura 96: Radiación en fachada norte. Sector del corte A-A.

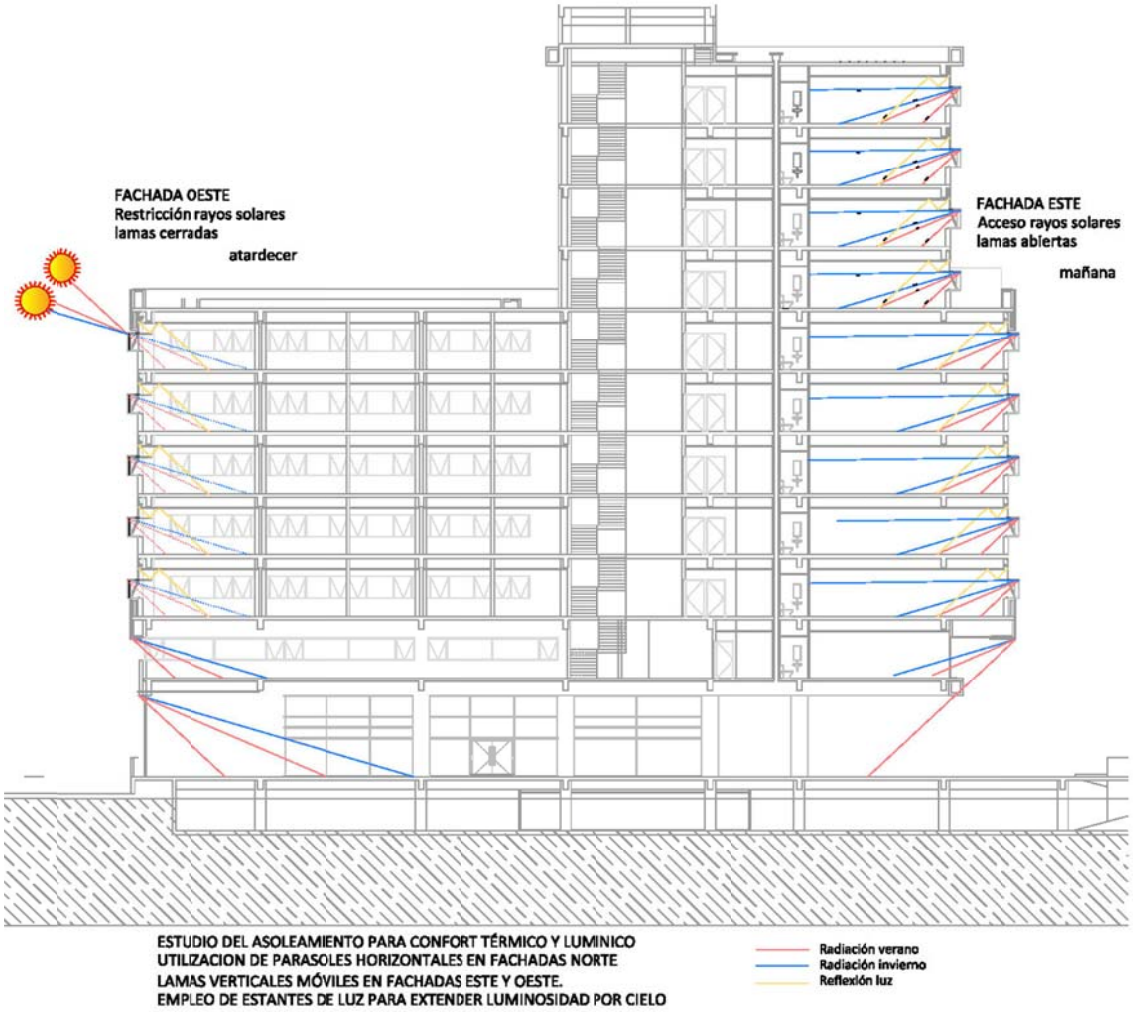


Figura 97: Radiación en fachadas laterales Este y Oeste. Corte B-

Ventilación

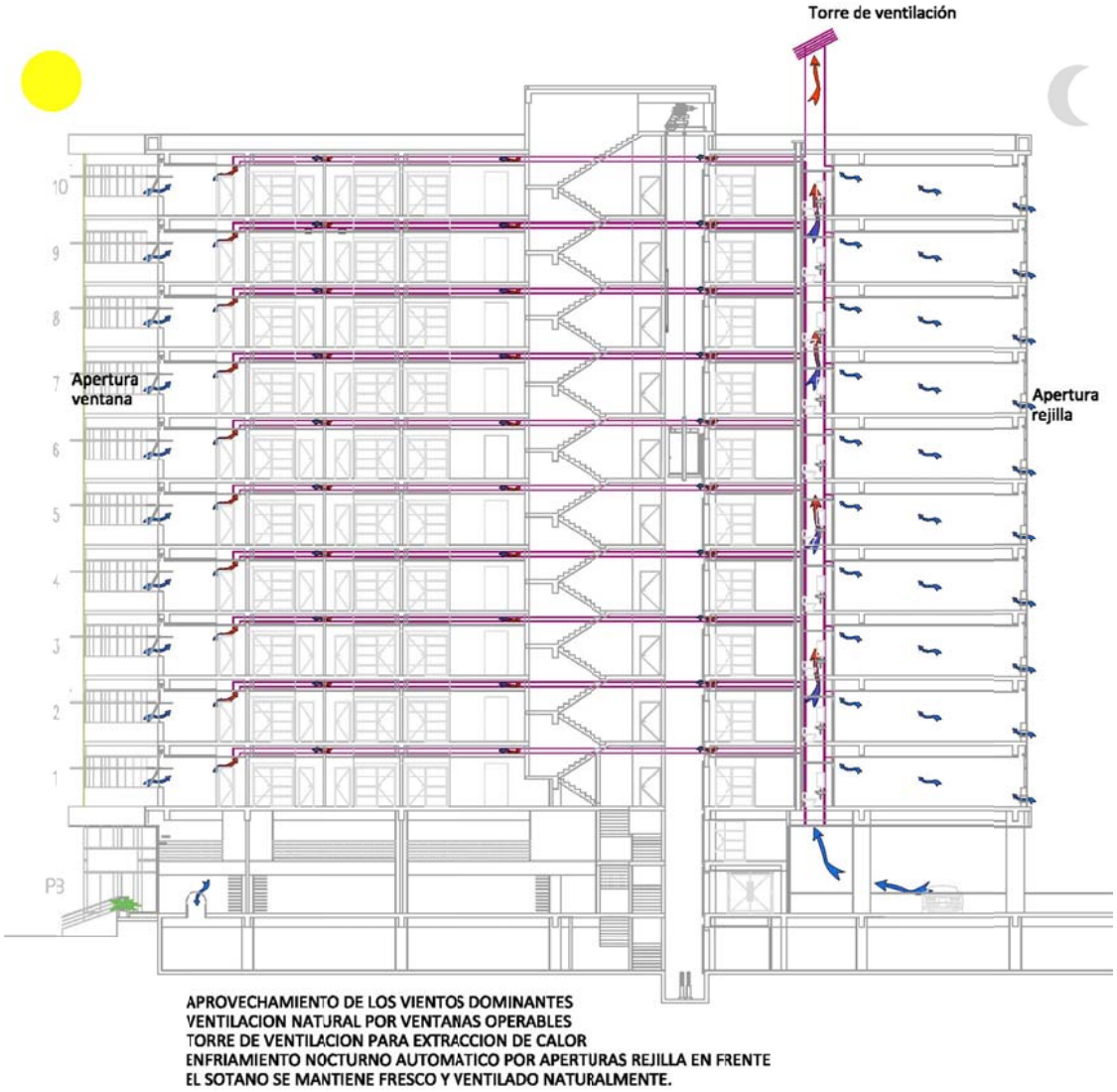


Figura 98: Ventilación Natural, forzada. Corte A-A

Climatización

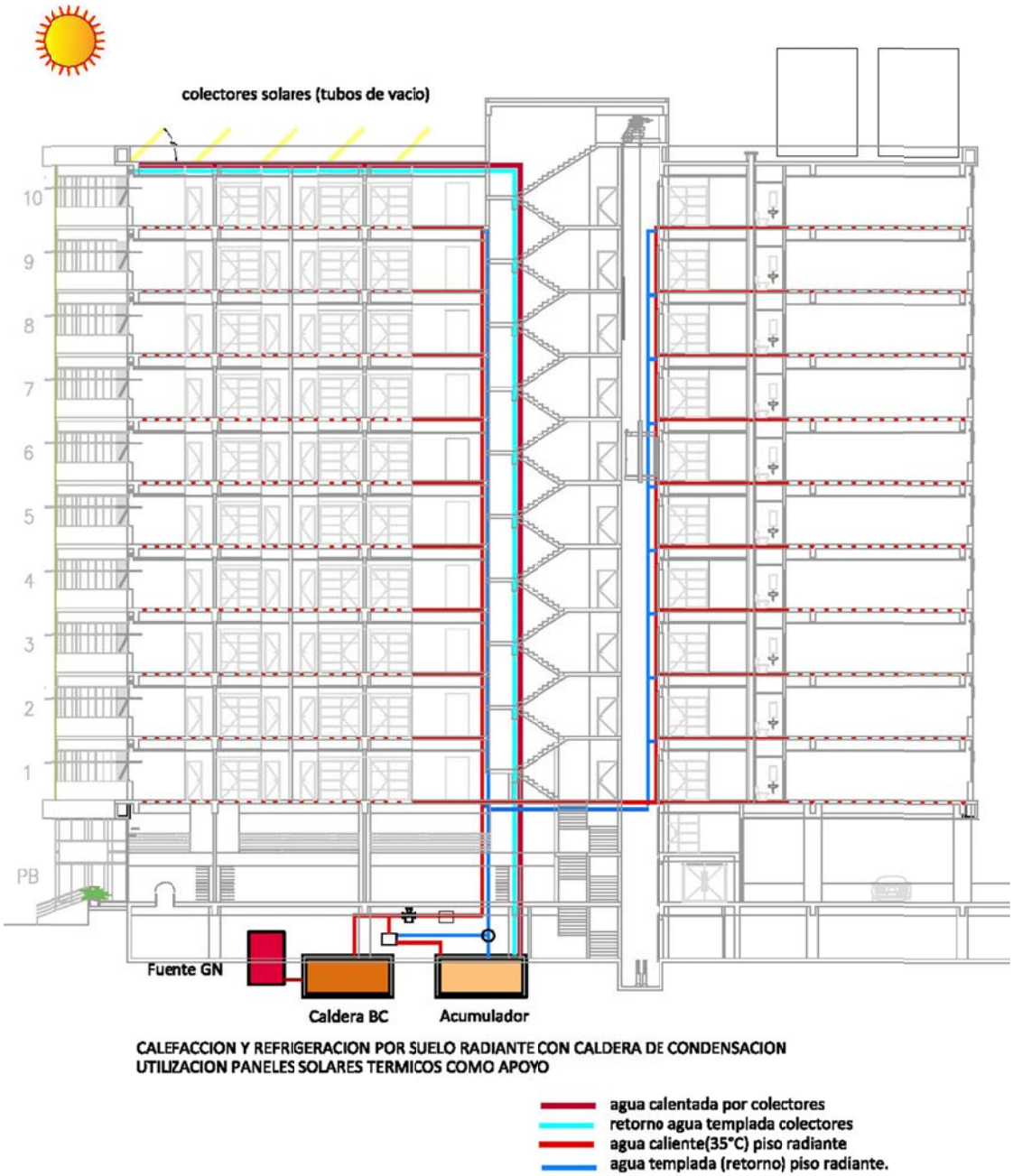


Figura 99: Climatización

Agua

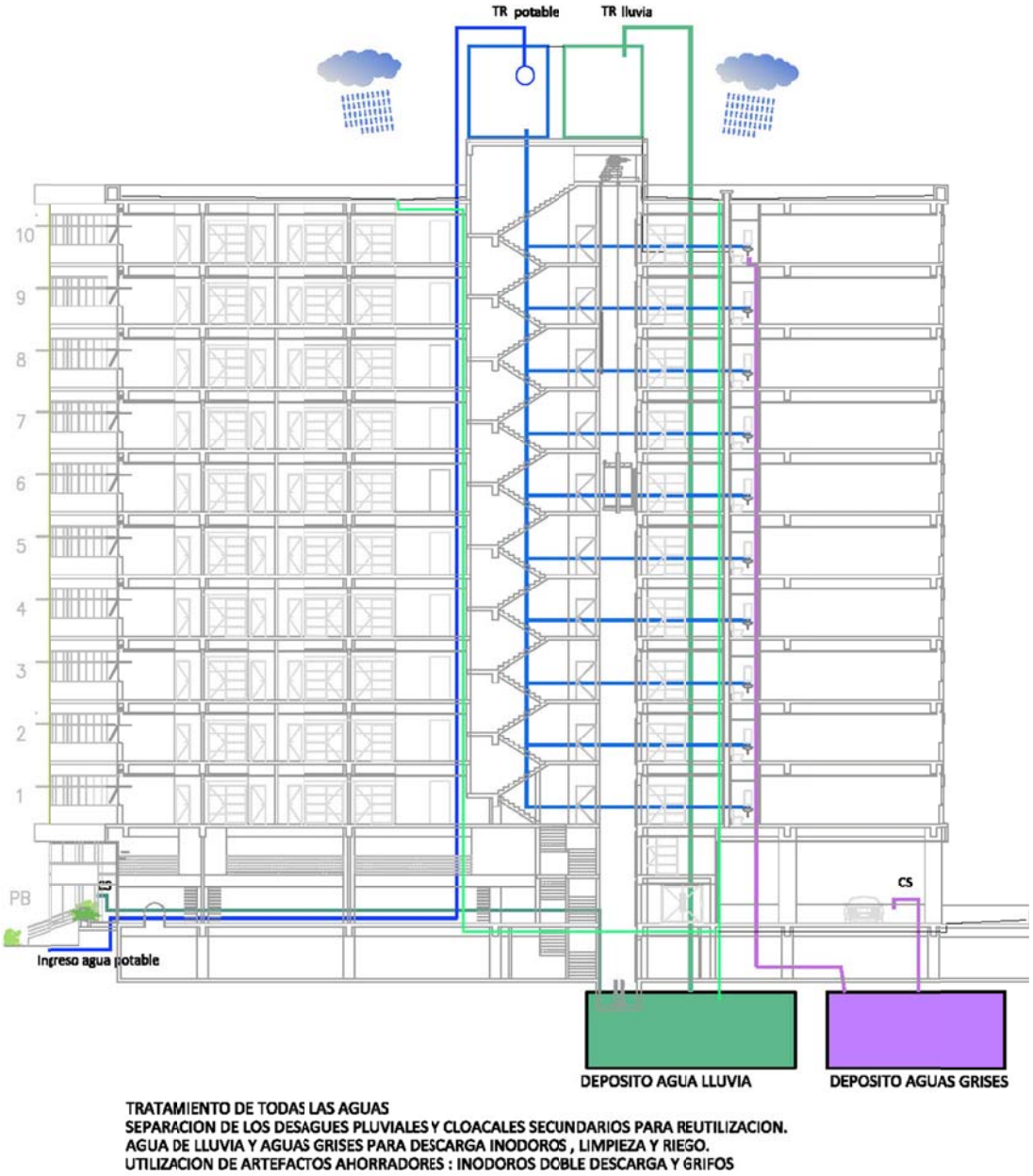


Figura 100. Reciclado y tratamiento de las aguas.

DEMOSTRACIÓN CUALICUANTITATIVA DE LA MEJORA ALCANZADA

Análisis de la envolvente: transmitancia térmica

Como primera medida se analiza el edificio respecto de las normas IRAM 11601, 11605 de acondicionamiento higrotérmico. La transmitancia térmica de los sistemas constructivos de muros y techos deberán cumplir con las normas de K admisible para la situación de verano e invierno. Como primera instancia mostramos el resultado del análisis del proyecto original, observando que tales resoluciones no cumplen con la norma y a continuación se presenta la propuesta mejorada. También el cálculo del coeficiente G global de pérdidas en toda la envolvente (superficies de muros, carpinterías, techos y pisos) de la norma 11604 para el caso sin y con DAC, comparando las tablas de pérdidas y lo mismo trasladado a la carga térmica necesaria para calefacción.

Análisis de la transmitancia de los cerramientos en modelo original: Muro

CALCULO DE COEFICIENTE K DE CERRAMIENTOS			IRAM 11601 y 11605		
1- Elemento **paredes exteriores**					
2-Forma constructiva **ladrillos huecos**					
3- Orientación **N,S,E,O**					
4- Sentido flujo del calor **horizontal**					
5- Zona Bioambiental **IV templada fria**	Esquema del sistema constructivo				
6- Resistencia T sup.	7-Esp	8- Cond.	9-Rt	10- Dens.	11- Peso
	m	W/m°C	m2°C/W	kg/m3	kg/m2
RSI			0.13		
pint. Latex interior	—	—	—		
empaste inetrior yeso	0.005		0.013		
revoque grueso+ fino	0.015	0.93	0.016	1900	28.5
ladrilo hueco 18	0.180		0.41		
aislacion hidrofuga	0.010	1.16	0.009	1900	19
revoque grueso + fino	0.015	1.16	0.013	1900	28.5
pintura acrilica					
RSE			0.04		
		Rt	0.63	(m2°C/W)	

	k proyecto = 1/Rt		1.59	(W/m2°C)	
			A	**Prom**	**B**
K admisible(W/m2°C)	INV	muro	0.32	**0.60**	0.87
K admisible(W/m2°C)	VERA	muro	0.50	**0.88**	1.25

1.59 > 0.60
k PROYECTO > K ADM

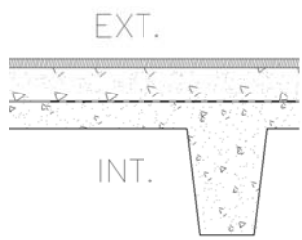
NO cumple

Tabla 7. Planilla de cálculo del coeficiente k de transmitancia térmica del muro original.

Analizando la resultante K de las capas componentes del muro, se observa que el valor es mayor que el admisible estipulado por la norma correspondiente al rango B de confort térmico para invierno.

Análisis de la transmitancia de los cerramientos en modelo original: Techo

CALCULO DE COEFICIENTE K DE CERRAMIENTOS					IRAM 11601/1160
1- Elemento techo azotea					
2-Forma constructiva losa nerv. Aislam. Term.					
3- Orientación					
4- Sentido flujo del calor vertical ascendente					
5- Zona Bioambiental IV Templado Frío					
6- Resistencia T sup.	7-e	8- coef C	9-Rt	10- D	11- peso
	m	W/m°C	m2°C/W	kg/m3	kg/m2
RSI			0.100		
placa de yeso suspendida	0.0125	0.31	0.040		
camara no ventilada	0.6		0.140		
losa nervurada H°A°	0.1	1.63	0.061	1900	190
contrap. H° de cascotes	0.075	0.76	0.099	1400	
carpeta	0.02	1.13	0.018	1100	22
membrana PVC	0.005	0.17	0.029	1100	5.5
RSE			0.040		
		Rt	0.53	(m2°C/W)	



Esquema del sistema constructivo

k proyecto = 1/Rt			1.90	(W/m2°C)	
			A	Prom	B
K admisible(W/m2°C)	INV	techo	0.28	0.5	0.72
K admisible(W/m2°C)	VERA	techo	0.19	0.34	0.48

1,90 > 0,34
k PROYECTO > K ADM

NO cumple

Tabla 8.Planilla de cálculo del coeficiente k de transmitancia térmica del techo original.

Del mismo modo, para la resolución de la losa nervurada planteada originalmente, el valor k resultante es mayor que el admisible estipulado, por lo tanto no cumple con la norma.

Análisis de la transmitancia de los cerramientos en modelo original: Entrepisos, tabiques interiores y carpinterías,

Las carpinterías, como se mencionó en el apartado E, son simple ventana perfil de aluminio y un solo vidrio con un k equivalente a 5.8 w/m2°C (Tabla A.1 norma IRAM 11507-4).

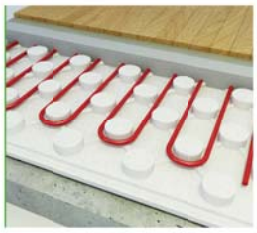
CALCULO DE COEFICIENTE K DE CERRAMIENTOS			IRAM 11601/11605		
1- Elemento **entrepiso interiores**					
2-Forma constructiva **losa nerv. Aislam. Term.**					
3- Orientación					
4- Sentido flujo del calor **vertical ascendente**					
5- Zona Bioambiental **IV Templado Frío**	Esquema del sistema constructivo				
6- Resistencia T sup.	7-e	8- coef C	9-Rt	10- D	11- peso
	m	W/m°C	m2°C/W	kg/m3	kg/m2
RSI			0.1		
losa nervurada H°A°	0.1	1.63	0.06135	1900	209
bv					
soporte EPS piso radiante	0.035	0.034	1.029412		
contrap. H° cascotes	0.045	0.76	0.059211	1400	
carpeta hidrófuga	0.02	1.13	0.017699	1100	22
ceramicas	0.005	0.7	0.007143	1100	5.5
RSI			0.1		
		Rt	1.37	(m2°C/W)	
		k proyecto = 1/Rt	0.73	(W/m2°C)	

Tabla 9.Planilla de cálculo del coeficiente k del entrepiso en interiores.

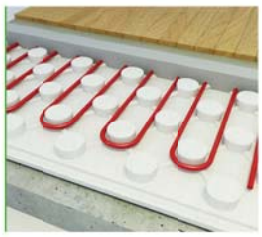
CALCULO DE COEFICIENTE K DE CERRAMIENTOS			IRAM 11601/11605		
1- Elemento **entrepiso al exterior**					
2-Forma constructiva **losa nerv. Aislam. Term.**					
3- Orientación					
4- Sentido flujo del calor **vertical descendente**					
5- Zona Bioambiental **IV Templado Frío**	Esquema del sistema constructivo				
6- Resistencia T sup.	7-e	8- coef	9-Rt	10- D	11- peso
	m	W/m°C	m2°C/W	kg/m3	kg/m2
RSE			0.04		
losa nervurada H°A°	0.1	1.63	0.06135	1900	209
bv					
soporte EPS piso radiante	0.035	0.034	1.029412		
contrap. H° cascotes	0.045	0.76	0.059211	1400	
carpeta hidrófuga	0.02	1.13	0.017699	1100	22
ceramicas	0.005	0.7	0.007143	1100	5.5
RSI			0.17		
		Rt	1.38	(m2°C/W)	
		k proyecto = 1/Rt	0.72	(W/m2°C)	

Tabla 10.Planilla de cálculo del coeficiente k del entrepiso en contacto con exterior (semicubierto PB).

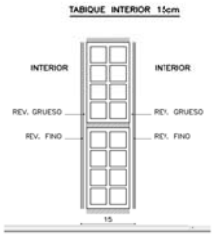
CALCULO DE COEFICIENTE K DE CERRAMIENTOS			IRAM 11601 y 11605		
1- Elemento paredes interiores					
2-Forma constructiva **lad hueco 12**					
3- Orientación					
4- Sentido flujo del calor **horizontal**					
5- Zona Bioambiental **IV templada fria**	Esquema del sistema constructivo				
6- Resistencia T sup.	7-Esp	8- Cond.	9-Rt	10- Dens	11- Peso
	m	W/m°C	m2°C/W	kg/m3	kg/m2
RSI			0.13		
pint. Latex interior	—	—	—		
empaste interior yeso	0.005		0.0125		
monocapa duo	0.015	0.93	0.01613		
ladrillo hueco 12	0.120		0.36		
monocapa duo	0.015	0.93	0.01613		
empaste inetrior yeso	0.005		0.0125		
pint. Latex interior	—	—	—		
RSI			0.13		
			Rt 0.68	(m2°C/W)	
			k proyecto = 1/Rt 1.48	(W/m2°C)	

Tabla 11. Planilla de cálculo del coeficiente k del tipo de tabiques interiores del modelo original.

Las carpinterías deben cumplir con lo establecido en la norma IRAM 11 507, considerando el carácter de aislamiento a partir de los diversos componentes que forman una ventana.

Categoría de aislación	**Transmitancia térmica, K** (en W/m^2K)
K_1	$K < 1,0$
K_2	$1,0 \leq K \leq 1,5$
K_3	$1,5 < K \leq 2,0$
K_4	$2,0 < K \leq 3,0$
K_5	$3,0 < K \leq 4,0$
No clasificable	$K > 4,0$

Tabla 12: Categoría aberturas según aislamiento.

Tipología	**Transmitancia térmica (K) de ventanas con perfilería de aluminio en** [$W/(m^2K)$]			
	Vidrio simple 6 (mm)	DVH 6-12-6 (mm)	DVH Low E 6-12-6 (mm)	DVH Low E c/argón 4-15-4 (mm)
Ventana simple sin ruptor de puente térmico	5,86	3,82	3,14	2,80
Ventana simple con ruptor de puente térmico	4,86	2,82	2,13 (1)	1,79
Doble ventana con ruptor de puente térmico	1,99	1,25	0,97 (2)	0,83
Doble ventana con cortina de enrollar cerrada	1,52	1,05	0,84 (3)	0,74

Tabla 13: K Ventanas perfilería en aluminio. Norma IRAM 11507-4

Análisis de la transmitancia de los cerramientos en modelo mejorado: Muro

CALCULO DE COEFICIENTE K DE CERRAMIENTOS IRAM 11601 y 11605

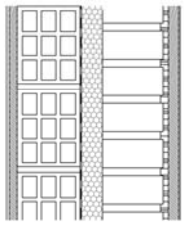
1- Elemento **paredes exteriores**

2-Forma constructiva **pared doble + aislam.**

3- Orientación

4- Sentido flujo del calor **horizontal**

5- Zona Bioambiental **IV templada fria**



Esquema del sistema constructivo

6- Resistencia T sup.	7-Esp	8- Cond.	9-Rt	10- Dens.	11- Peso
	m	W/m°C	m2°C/W	kg/m3	kg/m2
RSI			0.13		
pint. Latex interior	—	—	—		
empaste interior yeso	0.005		0.0125		
Revoque monocapa duo	0.015	0.93	0.0161	1900	28.5
ladrillo hueco cerámico	0.120		0.3500	900	108
BV Pintura asfáltica	0.001	0.17	0.0029	25	0.0125
EPS media densidad	0.040	0.035	1.1429	15	0.6
ladrillo macizo	0.120		0.1300	1800	216
Azotado hidrófugo	0.010	1.13	0.0088	1800	18
Revoque termoaislante	0.020	0.19	0.1053	600	12
Pintura texturado ext	0.003				
RSE			0.04		
		Rt	1.95	(m2°C/W)	

k proyecto = 1/Rt 0.51 (W/m2°C)

			A	Prom	B
K admisible(W/m2°C)	INV	muro	0.32	**0.60**	0.87
K admisible(W/m2°C)	VERA	muro	0.50	0.88	1.25

0.51 < 0.60

k PROYECTO < K ADM

Tabla 14.Planilla de cálculo del coeficiente k de transmitancia térmica del muro mejorado.

Como puede verse en el resultado de la resistencia total del muro, el valor es menor que el k admisible, que se establece como promedio entre el rango A y B de confort térmico, por lo cual cumple holgadamente con la norma.

Análisis de la transmitancia de los cerramientos en modelo mejorado: Techo

CALCULO DE COEFICIENTE K DE CERRAMIENTOS					norma IRAM 11601/11
1- Elemento **techo**	EXT.				
2-Forma constructiva **losa nerv. Aislam. Term.**					
3- Orientación					
4- Sentido flujo del calor **vertical ascendente**	INT.				
5- Zona Bioambiental **IV Templado Frío**					
6- Resistencia T sup.	7-e	8- coef C	9-Rt	10- D	11- peso
	m	W/m°C	m2°C/W	kg/m3	kg/m2
RSI			0.1		
placa de yeso suspendida	0.0125	0.31	0.040	600	
camara no ventilada	0.6		0.14		
losa nervurada H°A°	0.1	1.63	0.061	2400	240
BV	0.0005	0.17	0.003	1200	0.6
contrap. H°+ EPS (pend. 3%)	0.075	0.08	0.938	300	22.5
carpeta hidrófuga	0.02	1.13	0.018	2000	40
EPS alta densidad(NEOTECH)	0.074	0.032	2.313	20	1.48
cámara de aire	0.03				0
baldoson de cemento puzzolanico	0.03	0.44	0.068	600	18
RSE			0.04		
			Rt	3.72	(m2°C/W)
			k proyecto = 1/Rt	0.27	(W/m2°C)

			A	Prom	B
K admisible(W/m2°C)	INV	techo	0.28	**0.5**	0.72
K admisible(W/m2°C)	VERA	techo	0.19	**0.34**	0.48

0,27 < 0,34

k PROYECTO < K ADM

Tabla 15.Planilla de cálculo del coeficiente k de transmitancia térmica del techo mejorado.

Análisis de la transmitancia de los cerramientos en modelo mejorado: Carpinterías, entrepisos y tabiques interiores.

Tabla B.1 IRAM 11507-4 - Transmitancia térmica (K) de ventanas con perfilería de PVC (4)

Tipología	Transmitancia térmica (K) de ventanas con perfilería de PVC [W/(m2 K)]			
	Vidrio simple 6 (mm)	DVH 6-12-6 (mm)	DVH low E 6-12-6 (mm)	DVH low E c/argon 4-15-4 (mm)
Ventana simple PVC de 2 cámaras	4,65	2,61	1,93	1,59
Ventana simple PVC de 3 cámaras	4,59	2,55	1,86 (1)	1,52
Ventana doble PVC de 3 cámaras	1,90	1,14	0,86 (2)	0,71
Ventana doble PVC de 3 cámaras con cortina de enrollar cerrada	1,47	0,97	0,76 (3)	0,64

(1) Ver B.3.2
(2) Ver B.3.3
(3) Ver B.3.4
(4) En referencia al valor de transmitancia térmica (K), cada fabricante debe aportar el valor correspondiente a su sistema y material para efectuar el cálculo de acuerdo con el ejemplo propuesto.
NOTA. Los valores de transmitancia térmica indicados resultan de cálculo teóricos.

Tabla 16. Datos del tipo de ventana y su transmitancia térmica (k) obtenidos de la norma.

6- Resistencia T sup.	7-Esp	8- Cond.	9-Rt	10- Dens.	11- Peso
	m	W/m°C	m2°C/W	kg/m3	kg/m2
RSI			0.13		
pint. Latex interior	___	___	___		
empaste inetrior yeso	0.005		0.0125		
monocapa duo con eps	0.015	0.93	0.01613	1900	28.5
ladrilo hueco 8	0.080		0.23		
placa fonoabsorbente	0.035		1.1		
ladrilo hueco 8	0.080		0.23		
revoque grueso +fino	0.015	0.93	0.01613	1900	28.5
empaste inetrior yeso	0.005		0.0125		
pint. Latex interior	___	___	___		
RSI			0.13		
		Rt	1.88	(m2°C/W)	
		k proyecto = 1/Rt	0.53	(W/m2°C)	

Tabla 17.Planilla de cálculo del coeficiente k del tabique interior propuesto.

6- Resistencia T sup.	7-e	8- coef C	9-Rt	10- D	11- peso
piso en contacto ext	m	W/m°C	m2°C/W	kg/m3	kg/m2
RSE			0.04		
placa de yeso suspendida	0.013	0.31	0.040	600	
camara no ventilada	0.1		0.18		
eps media densidad	0.03	0.035	0.857		
losa nervurada H°A°	0.1	1.63	0.061	1900	209
soporte EPS piso radiante	0.035	0.034	1.029		
contrap. H° cascotes	0.045	0.76	0.059	1400	
carpeta hidrófuga	0.02	1.13	0.018	1100	22
ceramicas	0.005	0.7	0.007	1100	5.5
Rsi			0.17		
		Rt	2.46	(m2°C/W)	
		k proyecto = 1/Rt	0.41	(W/m2°C)	

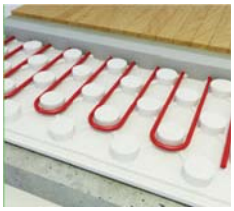


Tabla 18.Planilla de cálculo del coeficiente k de transmitancia térmica del entrepiso en contacto con el exterior

Verificación de la condensación superficial e intersticial. Norma IRAM 11625

Como se mencionó en la introducción del análisis climático de la zona, se hace imperiosa la necesidad de evitar la condensación, por tanto, deben examinarse los componentes de las propuestas constructivas en techos y muros. Se emplea el diagrama psicométrico, donde se relacionan la temperatura, la humedad y presión atmosférica y la temperatura de rocío. La temperatura de diseño interior es 20°C (rango B de confort higrotérmico para invierno), la temperatura mínima de diseño exterior para Mar del Plata es -4,4°C, y la HR exterior se considera siempre 90%, mientras que el valor de la HR interior se obtiene del diagrama siendo 62%.En la planilla del cálculo de condensación se han agregado los datos que permiten calcular la resistencia al vapor de cada uno de los materiales. Se han realizado los cálculos manualmente y luego se verificaron con el programa CEEMACON. (Gonzalo, 2003) Primero se calcula la caída de temperatura:

Cálculo caída de temperatura muro:			Cálculo caída de temperatura techo:		
ΔT=	Tid – Ted	20°C−(−4,4°C) = 24,4°C	ΔT=	Tid – Ted	20°C−(−4,4°C) = 24,4°C
τ=	(Rsi x ΔT)/ Rt	(0,13x24,4)/1,941 = 1,63° C	τ=	(Rsi x ΔT)/	(0,10x24,4)/3,891 = 0,63°C
Θ=	Tid – τ	20°C – 1,63°C = 18,37°C	Θ=	Tid – τ	20°C – 0,63°C = 19,37°C

Con estos datos, se entra en el diagrama psicométrico y se obtiene el valor de la presión de vapor y temperaturas de rocío y se realiza una primera observación para chequear la condensación superficial, en este caso no existe.

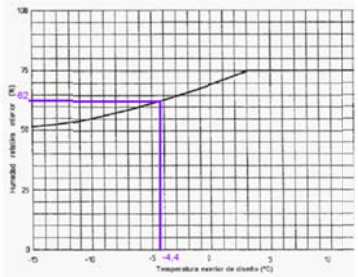


Figura 101. Diagrama obtención de la humedad relativa interior a partir de la TDMIN.

Entonces se analizan las capas sucesivas del muro y del techo proyectado, para identificar si existirá algún riesgo de condensación superficial e intersticial. Los valores de las temperaturas interiores deben ser mayores que las temperaturas de rocío para que no exista condensación, y el pasaje del vapor con la presión, no termine afectando al cerramiento previsto.

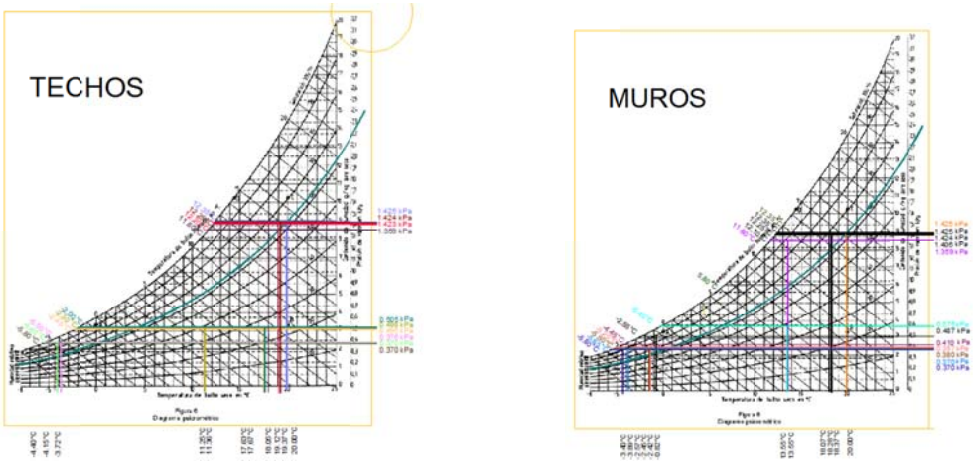


Figura 102.Diagrama psicométrico para obtención de valores presión y caída de temperatura (muros y techos).

Verificación de la condensación intersticial en muros

RIESGO DE CONDENSACIÓN INTERSTICIAL										
1 -capas	2-e	3-λ	4- R	5-T	6- δ	7- Rv	8- HR	9- P	10-Tr	11-ΔT
	Espesor	Conduct	Res. Térm	Temp.	Permeab	Resist.vap		Presion	T. rocío	≠ Temp.
	m	m°C/W	m2°C/W	°C	g/mhkPa	m2hkPa/g	%	kPa	°C	°C
				20.00				1.425	12.35	7.65
Temp interior de diseño							62			0.00
RSI			0.130				¬			
pintura latex interior				18.37			¬	1.425	12.35	6.02
				18.28				1.424	12.25	6.03
empaste interior yeso	0.0030	0.400	0.008		0.110	0.027	¬			
				18.07				1.406	12.10	5.97
revoque monocapa duo	0.0150	0.930	0.016		0.044	0.341	¬			
				13.55				1.359	11.60	1.95
lad hueco ceramico 12	0.1200		0.360		0.130	0.923	¬			
				13.55				0.575	-0.40	13.95
BV pintura asfaltica			0.000		0.065	15.380	¬			
				-0.82				0.487	-2.55	1.73
EPS media densidad	0.0400	0.035	1.143		0.023	1.739	¬			
				-2.45				0.410	-4.45	2.00
lad. macizo 12	0.1200		0.130		0.080	1.500	¬			
				-2.57				0.387	-5.20	2.63
azotado hidrófugo	0.0100	1.130	0.009		0.022	0.455	¬			
				-3.89				0.380	-5.50	1.61
rev ext termoaislante	0.0200	0.190	0.105		0.150	0.133	¬			
				-3.89				0.370	-5.65	1.76
pintura texturada	0.0030				5.000	0.200	¬			
RSE			0.040				¬			
				-4.40				0.370	-5.80	
aire exterior							90			

RT	Δt	Perm	Rv	Δp
1.941	24.4	5.624	20.698	1.06

Tabla 19. Cuadro demostrativo de las capas del muro y análisis del riesgo de condensación intersticial.

PLANILLA PARA LA VERIFICACION DE K DE NORMA IRAM 11605/96 ['W/m2.K]

TIPO DE K	VERANO	INVIERNO	VERANO C/COLOR	VERIFICACION
K calculado:	0,54	0,51		
K mínimo	2,00	1,50	2,40	SI VERIFICA
K recomendado	1,25	0,85	1,50	SI VERIFICA
K ecológico	0,50	0,32	0,60	NO VERIFICA

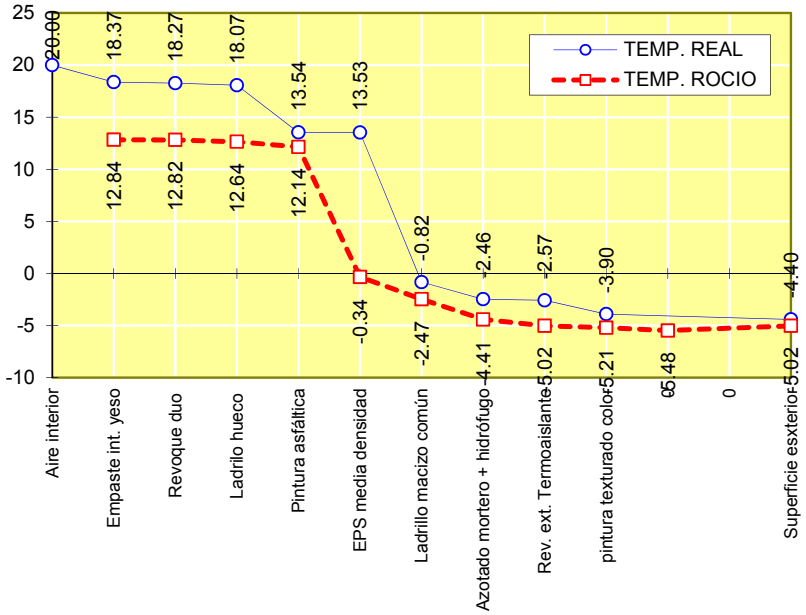
VERIFICACION CONDENSACION SUPERFICIAL

CONDICIONES SUP. INT.		UNIDAD	VALOR	VERIFICACION
Presión de vapor interior		kPa	1,47	
Presión de vapor exterior		kPa	0,39	
Diferencia de temperatura (Ti-Te)		ºC	24,40	
Resistencia superficial interior		m^2.K/W	0,17	
Caída de temperatura en la sup. int.		ºC	2,09	
Temperatura de la superficie interna		ºC	17,91	
Temperatura de rocío sup. int.		ºC	12,84	NO CONDENSA

VERIFICACION CONDENSACION INTERSTICIAL

Nº CAPA	TEMP.	TEMP.ROCÍO	VERIFICACIÓN
Aire interior	20,00		
Empaste int. yeso	18,37	12,84	NO CONDENSA
Revoque duo	18,27	12,82	NO CONDENSA
Ladrilo hueco	18,07	12,64	NO CONDENSA
Pintura asfáltica	13,54	12,14	NO CONDENSA
EPS media densidad	13,53	-0,34	NO CONDENSA
Ladrillo macizo común	-0,82	-2,47	NO CONDENSA
Azotado mortero + hidrófugo	-2,46	-4,41	NO CONDENSA
Rev. ext. Termoaislante	-2,57	-5,02	NO CONDENSA
pintura texturado color	-3,90	-5,21	NO CONDENSA
0	#N/A	-5,48	#N/A
0	#N/A	#N/A	#N/A
Superficie esxterior	-4,40	-5,02	NO CONDENSA
Aire exterior	-4,40		

Tabla 20. Cuadro demostrativo de las capas del muro y análisis del riesgo de condensación intersticial (programa CEEMACON).



Tanto en el primer cuadro de acuerdo a la norma como en el del programa CEEMACON, se observa que no existe condensación en ninguna de las capas del muro; se representa la caída de temperatura de dicho programa donde verifica tal afirmación.

Verificación de la condensación superficial e intersticial en techos

RIESGO DE CONDENSACIÓN INTERSTICIAL										
1 -capas	2-e	3-λ	4- R	5-T	6- δ	7- Rv	8- HR	9- P	10-Tr	11-ΔT
	Espesor	Conduct	Res. Térm.	Temp.	Permeab	Resist.vap		Presion	T. rocío	≠ Temp.
	m	m°C/W	m2°C/W	°C	g/mhkPa	m2hkPa/g	%	kPa	°C	°C
				20.00				1.425	12.35	7.65
Temp interior de diseño							**62**			0.00
RSI			0.100				¬			
				19.37			¬	1.425	12.35	7.02
				19.12			¬	1.424	12.25	6.87
placa de yeso	0.0125	0.310	0.040		0.110	0.114	¬			
				18.05			¬	1.423	12.20	5.85
cámara no ventilada	0.6000		0.170			0.063	¬			
				17.67			¬	1.359	11.60	6.07
losa de Hormigon armado	0.1000	1.630	0.061		0.020	5.000	¬			
				17.63			¬	0.505	-2.00	19.63
BV techado asfáltico	0.0010	0.170	0.006		0.015	66.667	¬			
				11.36			¬	0.498	-2.30	13.66
Contrapiso alivianado	0.0800	0.080	1.000		0.150	0.533	¬			
				11.25			¬	0.495	-2.45	13.70
Carpeta hidrófuga	0.0200	1.130	0.018		0.070	0.286	¬			
				-3.72			¬	0.376	-5.50	1.78
placas EPS altadensidad	0.0740	0.031	2.387		0.008	9.250	¬			
				-4.15			¬	0.370	-5.60	1.45
Baldosas cemento puzzolan	0.0300	0.440	0.068		0.060	0.500	¬			
							¬			
							¬			
RSE			0.040				¬			
				-4.40				0.370	-5.80	
aire exterior							**90**			
			RT		Perm	Rv				
			3.891	Δt	0.433	82.412		Δp		
				24.4				1.06		

Tabla 21. Cuadro demostrativo de las capas del techo y análisis del riesgo de condensación intersticial.

PLANILLA PARA LA VERIFICACION DE K DE NORMA IRAM 11605/96 ['W/m2.K]

TIPO DE K	VERANO	INVIERNO	VERANO C/COLOR	VERIFICACION
K calculado:	0,26	0,26		
K mínimo	0,76	1,00	0,99	SI VERIFICA
K recomendado	0,48	0,71	0,62	SI VERIFICA
K ecológico	0,19	0,27	0,25	NO VERIFICA

VERIFICACION CONDENSACION SUPERFICIAL

CONDICIONES SUP. INT.		UNIDAD	VALOR	VERIFICACION
Presión de vapor interior		kPa	1,47	
Presión de vapor exterior		kPa	0,39	
Diferencia de temperatura (Ti-Te)		ºC	24,40	
Resistencia superficial interior		^{m}2.K/W	0,17	
Caída de temperatura en la sup. int.		ºC	1,05	
Temperatura de la superficie interna		ºC	18,95	
Temperatura de rocío sup. int.		ºC	12,84	NO CONDENSA

VERIFICACION CONDENSACION INTERSTICIAL

Nº CAPA	TEMP.	TEMP.ROCÍO	VERIFICACIÓN
Aire interior	20,00		
Placa yeso	19,37	12,84	NO CONDENSA
Cámara no ventilada	19,12	12,82	NO CONDENSA
Losa H A	18,05	12,70	NO CONDENSA
Techado asfáltico	17,67	12,02	NO CONDENSA
Contrapiso alivianado	17,63	-2,04	NO CONDENSA
Carpeta hidrofuga	11,36	-2,21	NO CONDENSA
Placa Neotech (alta densidad)	11,25	-2,29	NO CONDENSA
Baldosas cemento puzzol	-3,72	-5,31	NO CONDENSA
0	-4,15	-5,48	NO CONDENSA
0	#N/A	#N/A	#N/A
0	#N/A	#N/A	#N/A
Superficie esxterior	-4,40	-5,31	NO CONDENSA
Aire exterior	-4,40		

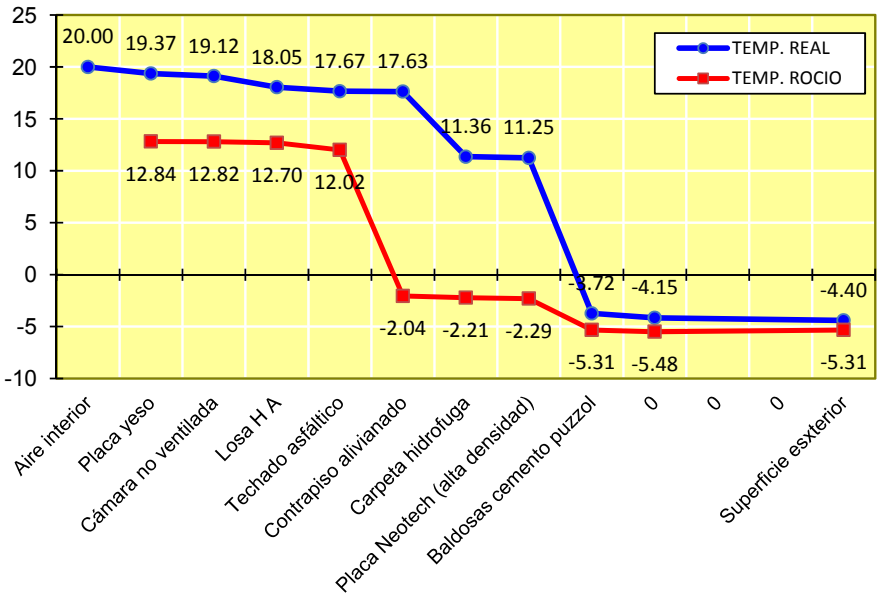


Tabla 22. Cuadro demostrativo de las capas del techo y análisis del riesgo de condensación intersticial.

También se realizaron las 2 verificaciones para el caso del techo y no existe condensación en ninguna de las capas.

Ahorro en Calefacción - Calculo coeficiente volumétrico G

El coeficiente global de pérdidas térmicas G es la cantidad de energía térmica que pierde un local calefaccionado por unidad de volumen, por unidad de tiempo y por cada grado de diferencia de temperatura en estado estacionario. Básicamente se cuantifican las pérdidas de calor por transmisión por la envolvente e infiltración por el ingreso de aire para ventilación.

Para verificar, el valor resultante Gcal (cálculo) deberá ser menor que el Gadm (admisible) para esta región, teniendo en cuenta las temperaturas medias de la ciudad, el volumen interior a considerar y los grados día mes. Para Mar del Plata se calcularon los GDM (2180.75) para alcanzar los 20°C. Se utiliza la tabla 3 de la norma 11604, teniendo en cuenta que es para edificios pero con superficies vidriadas de un 20%.

Tabla 3 - Valores admisibles (G_{adm}) para edificios con área envolvente vidriada ≤ 20 %

Volumen calefaccionado (m^3)	Grados días de calefacción (°D)											
	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	2000	2500	3000	4000	5000
10000	1,128	1,114	1,105	1,099	1,093	1,088	1,083	1,079	1,067	1,050	1,035	0,988
15000	1,106	1,092	1,084	1,078	1,073	1,068	1,064	1,060	1,048	1,031	1,017	0,972
20000	1,093	1,080	1,072	1,066	1,061	1,056	1,052	1,048	1,037	1,021	1,007	0,963
25000	1,084	1,071	1,063	1,058	1,053	1,048	1,044	1,040	1,029	1,013	1,000	0,957
30000	1,077	1,064	1,057	1,052	1,047	1,042	1,038	1,035	1,023	1,008	0,994	0,952
35000	1,072	1,059	1,052	1,047	1,042	1,038	1,034	1,030	1,019	1,003	0,990	0,948
40000	1,068	1,055	1,048	1,043	1,039	1,034	1,030	1,026	1,016	1,000	0,987	0,945

Tabla 23. Fragmento de la tabla con indicadores para determinar Gadm. Norma 11604

Para obtener el coeficiente volumétrico Gadm admisible se realiza una interpolación (Tabla 24) siendo el G admisible 1.025

$$\text{cálc G adm} = \frac{X = X0 + (X1 - X0).\ (X - X0)}{X1 - X0}$$

volumen	grados-dia-mes		
m3	2000	2180.75	2500
35000	1.03		1.019
38074	1.028	**1.031**	1.017
40000	1.026		1.016

Tabla 24. Interpolación para obtener el coeficiente G admisible para el volumen del caso de estudio y los GDM.

Fórmula para el cálculo

$$Gcal = \frac{\Sigma\ Km\ xSm + \Sigma\ Kv\ x\ Sv + \Sigma\ Kt\ x\ St + \Sigma\ Per\ x\ Pp}{V} + 0{,}35\ x\ N$$

Gcal coeficiente volumetrico del edificio calefaccionado ($W/m^3.k$)
Km transm.térmica cerramientos opacos al ext.($W/m^2.k$)
Sm superficie int. de los cerramientos opacos(m^2)
Kv transmitancia térmica cerramientos no opacos al ext (aberturas)($W/m^3.k$)
Sv superficie interior cerramientos no opacos(m^2)
Kt transmitancia térmica cerramientos hacia locales no calefaccionados($W/m^3.k$)
S superficie interior cerramientos lindantes (m^2)
Per perimetro del piso en contacto ext.(m)
Pp pérdidas por piso en contacto ext. suelo (W/m.k)
V volumen a calefaccionar (m^3)
0 capacidad específica del aire
n numero de renovaciones promedio por hora

Primero se consideró al edificio en su totalidad, para obtener una idea de su comportamiento global según las resoluciones constructivas del modelo original y el porcentaje inicial de superficies opacas y vidriadas (Tabla 25. Planilla de cálculo del coeficiente G para el caso actual (V1) Luego se realizaron los cálculos de pérdidas globales pero reduciendo la superficie vidriada -aumentando la cantidad de muros en antepechos- manteniendo las mismas características constructivas, por lo tanto coeficientes de transmitancia térmica (Tabla 26). De tales resultados se observa que no verifica el G de cálculo respecto del G admisible. Finalmente se confeccionaron los cómputos para el modelo con la alternativa (Tabla 27) mejorada de los cerramientos y en este caso si verifica la norma.

CALCULO DEL COEF GLOBAL DE PERDIDAS TERMICAS G - norma IRAM 11604/2001					
Localidad y Prov.: Mar del Plata, Bs As			Zona bioclimática: IV templado frio		
Sup. Total (m2	14644	Volumen (m3)	38074	G cal adm.	1.031
Alt. Local (m)	2.6	Renov/hora	1.5	GDM 20°C	2180.75
OPCION sin DAC					
CERRAMIENTOS OPACOS EXT (muros,techos, entrepisos al exterior)					
Elemento	**Descripción**	**sup (m2)**	**coef**	**k (W/m²°C)**	**Pérdidas(W/°C)**
muros	simple	1264.31	1	1.59	2010.25
techo plano	sin aisl.	1491.82	1	1.9	2834.46
entrepiso	sin aisl.	579.79	1	0.72	417.45
Sumatoria pérdidas cerramientos opacos					5262.16
CERRAMIENTOS NO OPACOS EXT (aberturas)					
Elemento	**Descripción**	**sup (m2)**	**coef**	**k (W/m²°C)**	**Pérdidas(W/°C)**
aberturas	simple alum	3978.35	1	5.8	23074.43
Sumatoria pérdidas no opacos					23074.43
OTROS CERRAMIENTOS (entrepisos s/sótanos o muros lindantes con espacio no calef.)					
Elemento	**Descripción**	**sup (m2)**	**coef**	**k (W/m²°C)**	**Pérdidas(W/°C)**
entrepiso	losa	912.03	0.5	0.72	328.33
Sumatoria pérdidas otros					328.33
PISOS EN CONTACTO CON EL TERRENO					
Descripción			**Perímetro (m)**	**Pp**	**Pérdidas(W/°C)**
piso s/sótano losa y eps			100	1.38	138
PERDIDAS totales POR TRANSMISIÓN					**(W/°C)**
Sumatoria cerramientos					**28802.92**
PERDIDAS VOLUMÉTRICAS INFILTRACION AIRE				**#**	**(W/m3°C)**
Calor esp. del aire(0,35) x # renovaciones				1.5	0.525
PERDIDAS VOLUMÉTRICAS por TRANSMISIÓN					**(W/m3°C)**
Pérdidas totales/ volumen					0.756
PERDIDAS VOLUMÉTRICAS GLOBALES					**(W/m3°C)**
Coef G cálculo		Pérdidas transmisión + infiltración			**1.281**
Coef G admisible		Segun volumen y GDM			**1.031**

1,28 > 1,031
G cálculo > G adm

Tabla 25. Planilla de cálculo del coeficiente G para el caso actual (V1)

CALCULO DEL COEF GLOBAL DE PERDIDAS TERMICAS G - norma IRAM 11604/2001					
Localidad y Prov.: Mar del Plata, Bs As			Zona bioclimática: IV templado frio		
Sup. Total (m2	14644	Volumen (m3)	38074	G cal adm.	1.031
Alt. Local (m)	2.6	Renov/hora	1.5	GDM 20°C	2180.75
OPCION sin DAC					
CERRAMIENTOS OPACOS EXT (muros,techos, entrepisos al exterior)					
Elemento	**Descripción**	**sup (m2)**		**k (W/m²°C)**	**Pérdidas(W/°C)**
muros	simple	2283.84		1.59	3631.31
techo plano	sin aisl.	1491.82		1.9	2834.46
entrepiso		579.79		0.72	417.45
Sumatoria pérdidas cerramientos opacos					6883.21
CERRAMIENTOS NO OPACOS EXT (aberturas)					
Elemento	**Descripción**	**sup (m2)**		**k (W/m²°C)**	**Pérdidas(W/°C)**
aberturas	simple alum	2958.82		5.8	17161.16
Sumatoria pérdidas no opacos					17161.16
OTROS CERRAMIENTOS (entrepisos s/sótanos o muros lindantes con espacio no calef					
Elemento	**Descripción**	**sup (m2)**	**coef**	**k (W/m²°C)**	**Pérdidas(W/°C)**
entrepiso	s/sotano	912.03	0.5	0.72	328.33
Sumatoria pérdidas otros					328.33
PISOS EN CONTACTO CON EL TERRENO					
Descripción			**Perímetro**	**Pp**	**Pérdidas(W/°C)**
entrepiso			100	1.38	138
PERDIDAS totales POR TRANSMISIÓN					**(W/°C)**
Sumatoria cerramientos					**24510.70**
PERDIDAS VOLUMÉTRICAS INFILTRACION AIRE				**#**	**(W/m3°C)**
Calor esp. del aire(0,35) x # renovaciones				1.5	0.525
PERDIDAS VOLUMÉTRICAS por TRANSMISIóN					**(W/m3°C)**
Pérdidas totales/ volumen					0.644
PERDIDAS VOLUMÉTRICAS GLOBALES					**(W/m3°C)**
Coef G cálculo		Pérdidas transmisión + infiltración			**1.17**
Coef G admisible		Segun volumen y GDM			**1.031**

1,17 > 1,031
G cálculo > G adm

Tabla 26. Planilla de cálculo del coeficiente G para el caso actual (V2)

Analizando la envolvente se desprende que la mayor cantidad de pérdidas se dará a traves de la superficie vidriada. Por las caracteristicas constructivas de los cerramientos, especificado con el valor k de transmitancia térmica y considerando un valor de 1.5 renovaciones diarias. Como bien se observa en el resultado final (que suma las perdidas y las renovaciones) el G de cálculo es mayor al G admisible (1,28 > 1.031). Como primera medida se optó por aumentar la superficie de muros en las fachadas. Finalmente se trabaja con esta segunda alternativa en cuanto a superficies para la propuesta técnico constructiva (version 2 sin DAC y versión 3 con DAC). Una primera

observación en cuanto a esta decisión, es que no llega al índice de verificación pero se reduce la cantidad de pérdidas totales.

CALCULO DEL COEF GLOBAL DE PERDIDAS TERMICAS G - norma IRAM 11604/2001					
Localidad y Prov.: Mar del Plata, Bs As			Zona bioclimática: IV templado frio		
Sup. Total (m2)	14644	Volumen (m3	38074	G cal adm.	1.031
Alt. Local (m)	2.6	Renov/hora	1.5	GDM 20°C	2180.75
OPCION con DAC					
CERRAMIENTOS OPACOS EXT (muros,techos, entrepisos al exterior)					
Elemento	**Descripción**	**sup (m2)**		**k (W/m²°C)**	**Pérdidas(W/°C)**
muros	doble + aisl	2283.84		0.51	1164.76
techo plano	con aisl	1491.82		0.27	402.79
entrepiso	con aisl	579.79		0.41	237.71
Sumatoria pérdidas cerramientos opacos					1805.26
CERRAMIENTOS NO OPACOS EXT (aberturas)					
Elemento	**Descripción**	**sup (m2)**		**k (W/m²°C)**	**Pérdidas(W/°C)**
aberturas	PVC DVH low-e	2958.82		1.86	5503.41
Sumatoria pérdidas no opacos					5503.41
OTROS CERRAMIENTOS (entrepisos s/sótanos o muros lindantes con espacio no calef.)					
Elemento	**Descripción**	**sup (m2)**	**coef**	**k (W/m²°C)**	**Pérdidas(W/°C)**
entrepiso	s/sotano	912.03	0.5	0.41	186.97
Sumatoria pérdidas otros					186.97
PISOS EN CONTACTO CON EL TERRENO					
Descripción			**Perímetro**	**Pp**	**Pérdidas(W/°C)**
entrepiso			100	1.08	108
PERDIDAS totales POR TRANSMISIÓN					**(W/°C)**
Sumatoria cerramientos					**7603.64**
PERDIDAS VOLUMÉTRICAS INFILTRACION AIRE				**#**	**(W/m3°C)**
Calor esp. del aire(0,35) x # renovaciones				1.5	0.525
PERDIDAS VOLUMÉTRICAS por TRANSMISIóN					**(W/m3°C)**
Pérdidas totales/ volumen					0.200
PERDIDAS VOLUMÉTRICAS GLOBALES					**(W/m3°C)**
Coef G cálculo		Pérdidas transmisión + infiltración			**0.725**
Coef G admisible		Segun volumen y GDM			**1.031**

0,73 < 1,031
G cálculo < G adm

Tabla 27. Planilla de cálculo del coeficiente G para la alternativa mejorada (V3).

Como se mencionó anteriormente, en la V3 se utilizan las mismas superficies que en la V2, solo que se aplican las propuestas de mejoras del sistema constructivo para disminuir el valor de la transmitancia térmica con la finalidad de reducir el numero de pérdidas a través del cerramiento. En todos los casos el número de renovaciones no se modificó, por lo cual es un valor constante y relevante en cuanto a las pérdidas por infiltración, pero no se considera al momento de las comparaciones en las conclusiones. En la opción mejorada V3 se observa que efectivamente al cambiar los tipos constructivos y sumando más aislación, el valor total G de proyecto es menor que el G admisible (0.72<1.031) por lo tanto verifica la norma 11604.

Cálculo de la carga térmica para calefacción

Cálculo con y sin DAC

Para el cálculo de la demanda se desea conservar la temperatura interior de 20°C de confort (TBC) para invierno.De acuerdo al calculo GDM, deberia calefaccionarse todo el año. Se estimaron el horario de trabajo 8 hs diarias y 2 hs más de entrada en régimen, 10hs en total en el periodo mayo a octubre; y reducido en abril y noviembre. Lo que aqui no puede considerarse detalladamente es que, pasado el mediodía se alcanzan las máximas temperaturas y quizás en ciertos períodos del día pueda contarse con climatización pasiva a partir de la radiación solar que penetra por las aberturas. Por lo cual es que la demanda en calefacción se estima solo valorando la situación del interior y exterior a través de la envolvente, no se estan computando las cargas internas debidas a iluminación artificial, uso de artefactos eléctricos y personas.

MESES	TBC	TMED	DM	GD mes
enero	20	20	31	0.00
febrero	20	19.1	28	25.20
marzo	20	18.45	31	48.05
abril	20	14.85	30	154.50
mayo	20	11.95	31	249.55
junio	20	8.85	30	334.50
julio	20	7.8	31	378.20
agosto	20	9.45	31	327.05
septiembre	20	10.65	30	280.50
octubre	20	13.2	31	210.80
noviembre	20	15.7	30	129.00
diciembre	20	18.6	31	43.40
				2180.75

Tabla 28. Cálculo de los grados día para calefacción con los datos del SMN 1991-2000.

$$Q = \frac{N \times Gdmes \times G \times V}{1000} = (kwh/año)$$

Fórmula para calcular la carga térmica

Datos: **Volumen** **38074**
G sin DAC **1.17**

CARGA TÉRMICA ANUAL calculada calefacción			
Meses	N (hs)	GDM	QT sin DAC
enero		0.00	0.00
febrero		25.20	0.00
marzo		48.05	0.00
abril	7.00	154.50	48177.13
mayo	10.00	249.55	111165.99
junio	10.00	334.50	149008.31
julio	10.00	378.20	168475.17
agosto	10.00	327.05	145689.59
septiembre	10.00	280.50	124953.16
octubre	10.00	210.80	93904.19
noviembre	5.00	129.00	28732.54
diciembre		43.40	0.00
		kwh/año	**870106.07**
		Mj	**3132381.87**

Datos: **Volumen** **38074**
G con DAC **0.73**

CARGA TÉRMICA ANUAL calculada calefacción			
Meses	N (hs/dia)	GDM	QT con DAC
enero		0.00	0.00
febrero		25.20	0.00
marzo		48.05	0.00
abril	7.00	154.50	30059.23
mayo	10.00	249.55	69359.98
junio	10.00	334.50	92971.00
julio	10.00	378.20	105116.98
agosto	10.00	327.05	90900.34
septiembre	10.00	280.50	77962.23
octubre	10.00	210.80	58589.79
noviembre	5.00	129.00	17927.14
diciembre		43.40	0.00
		kwh/año	**542886.70**
		Mj	**1954392.10**

Tabla 29. Comparación planillas de cálculo de la carga térmica en calefacción para el caso sin DAC y con DAC.

Comparando los resultados se aprecia en el caso mejorado una reducción de la energía demandada para calefacción; esta reducción corresponde a un 37.6% respecto del modelo original sin DAC.

Estos valores resultantes de la comparación pueden también llevarse al equivalente en costos de acuerdo a la energía utilizada, sea electricidad o gas natural en este caso para el sistema de calefacción (combinado) y puede demostrarse el ahorro futuro en las facturaciones mensuales y a lo largo de la vida útil del edificio, lo cual es un gran beneficio.

Análisis resultados comparaciones

En cuanto al análisis de la envolvente por el coeficiente G de pérdidas globales de calor, cabe mencionar que para el cálculo se empleó la tabla 3 de la norma IRAM 11604: Valores admisibles (G adm) para edificios con área envolvente vidriada menos o igual a un 20% de la superficie total. Esta no es la situación del edificio modelo ejemplo del estudio, pues originalmente era mayormente vidriado y se modificó. Lo que se pretende aclarar es que no se cuenta con parámetros acordes a la situación de edificios en torre con estas características, más allá de las recomendaciones sostenibles de ahorro energético de que es imperioso reducir las superficies vidriadas para evitar pérdidas de calor. Se presentaron 3 situaciones: modelo original con materialidad y superficies (V1 sin DAC), misma materialidad y modificación de la superficie vidriada (V2 sin DAC) y conservando el mismo porcentaje de superficies, modificando la resolución constructiva (V3 con DAC).

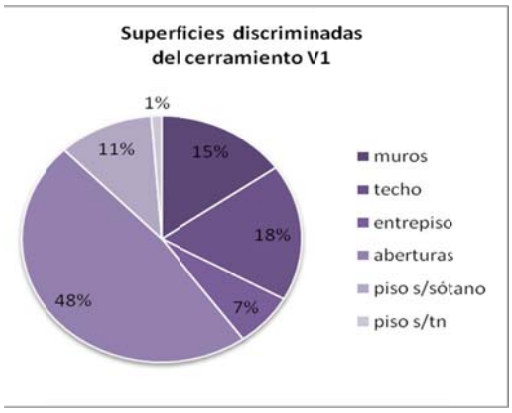


Figura 103. Superficies en porcentajes (V1)

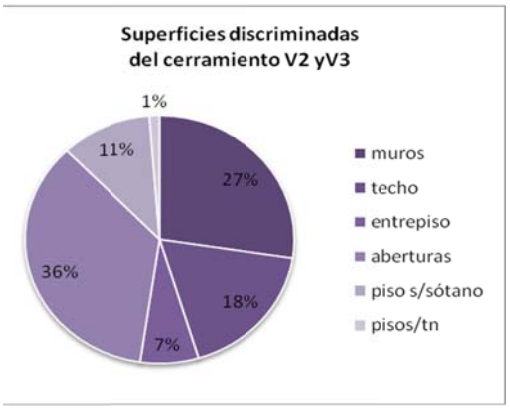


Figura 104. Superficies en porcentajes (V2 y V3)

De acuerdo a los gráficos se nota que en la segunda instancia la superficie vidriada disminuyó, aumentando superficie de muros y lo demás se mantiene igual. Pero esta estrategia no es la que define el mejoramiento.

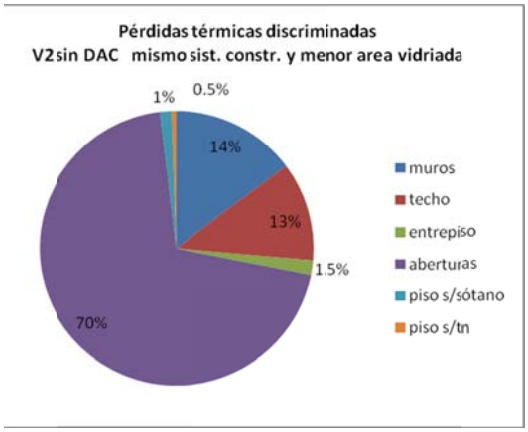


Figura 105. Pérdidas de calor en porcentaje (V2)

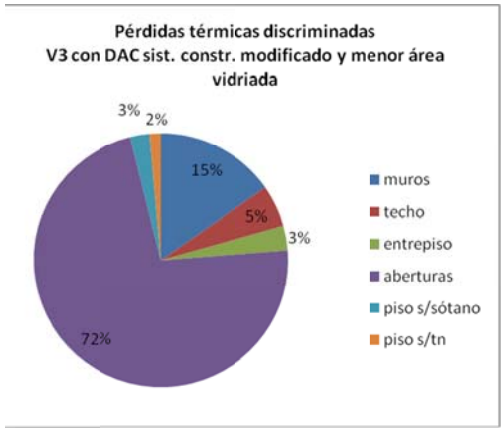


Figura 106. Pérdidas de calor en porcentaje (V3)

Estudiando los gráficos correspondientes a porcentajes de pérdidas de acuerdo al tipo de cerramiento entre el caso con y sin DAC (Figura 106), pareciera no haber modificación de mejoría, pues en ambos casos la mayor cantidad de pérdidas se dan a través de las aberturas, con una proporción alrededor del 70%, mientras que el 30% restante varía. Lo que no llega a demostrarse aquí es la diferencia real que se presenta en los valores del G de cálculo, en cómo disminuyen las pérdidas totales permitiendo verificar a la Norma. Por lo tanto en el siguiente grafico se presenta la comparativa (Figura 107).

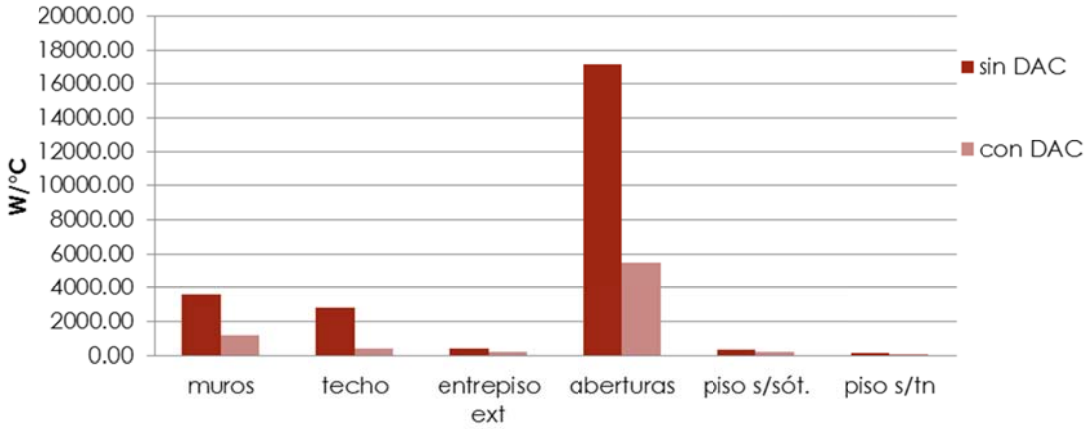


Figura 107. Comparación pérdidas globales discriminadas para el caso sin DAC y con DAC.

Las perdidas disminuyen casi un 68% en muros y aberturas, un 43% en entrepisos en contacto con el exterior y 22% sobre terreno natural y un 86% en la cubierta; implicando en la totalidad un mejoramiento en el caso con DAC, pues reduce casi un 70% las pérdidas respecto del caso sin DAC.

Ahorro de energía en refrigeración

En primera instancia al observar el clima de Mar del Plata las temperaturas medias y los requerimientos para alcanzar el grado de confort se llegaría a la conclusión que la necesidad más importante es el de proveer calefacción, dejando en segundo plano la refrigeración o llegándola a omitir con la hipótesis que con refrigeración pasiva en los días calurosos el tema estaría resuelto.

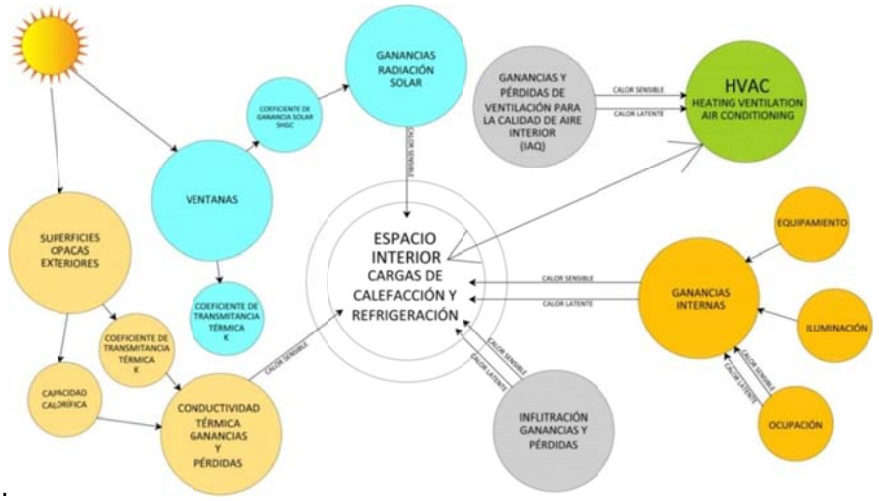


Figura 108 Ganancias de calor en un local. Fuente: ASHRAE Guía de diseño de energía avanzada para edificios de oficina pequeños y medianos. Obteniendo 50% de ahorro hasta cero energía/

La refrigeración de un espacio involucra varios aspectos como el clima de la localidad, la orientación del edificio, la radiación solar, los coeficientes de transmitancia térmica de la envolvente, cantidad de superficies opacas y vidriadas, tipo de actividad a realizar, cantidad de personas, tipo de equipamiento, características de las luminarias. Este conjunto de variables se resumen en dos grupos, cargas externas e internas cuya sumatoria es la *carga térmica total de verano.*

Un edificio de oficinas tiene mayor cantidad de ganancias de calor que una vivienda ya que posee mayor cantidad de cargas internas por la cantidad personas, equipamiento, iluminación con mayores horas de uso continuo de tal manera que al igual que la calefacción, la refrigeración es un aspecto necesario para proveer el grado de confort a sus ocupantes en la época estival.

Para realizar el cálculo de la carga térmica total de verano se tomó como referencia las normas IRAM11659-1 y 11659-2 destinada a edificios de viviendas, considerándose la metodología de cálculo para la obtención de la carga térmica total de refrigeración (QR) y del coeficiente volumétrico de refrigeración (GR). Quedaba pendiente el coeficiente volumétrico por la condicionante de que la norma consultada es para vivienda y que la norma tiene como límite un volumen de 10.000 m³ ya que el proyecto de estudio cuenta con 26.845 m³ (para el cálculo de las superficies a refrigerar se consideraron las áreas de oficinas descontando los baños, pasillos, y demás áreas públicas) Volviendo al GRadm de la norma, ésta al no considerar valores superiores a 10.000 m³, no era posible obtener un coeficiente para la verificación. Por lo anteriormente expuesto se tomó como referencia el trabajo titulado *"Ahorro de energía en refrigeración de edificios para oficinas. Propuesta de indicadores de eficiencia y valores admisibles"* de los autores M. B. Salvetti, J Czajkowski y A. Gómez, en el cual se indican valores admisibles de QRadm y de GRadm para edificios de oficinas con relación vidriado-opaco del 20% y 50%. Al igual que en el caso de las viviendas estos valores llegan hasta 10.000 m³.Más adelante se explicará con más detalle el método que se utilizó para estimar el valor del GRadm.

Aplicación de la Norma IRAM 11659-1 y 11659-2

La Norma IRAM 11659-2 es aplicable a las Zonas Bioambientales I, II, III, IV, en las localidades que la temperatura máxima de diseño sea superior a los 30°C (TDMX). Mar del Plata está ubicada en la zona Bioambiental IV d marítima con una temperatura exterior de diseño que supera los 30°C, con estos datos se verifica que el caso de estudio aplica. Para comenzar con el cálculo de la carga térmica de refrigeración se colocan en una planilla los datos generales del proyecto.

Localidad	Mar del Plata		Zona bioambiental	Zona IV templada fría- Subzona d:marítima	
Provincia	Buenos Aires		ASNM (m)	21	
Largo		m	$\Delta w = (w_e - w_i)$	18.37	g/kg
Ancho		m	Temperatura de diseño interior (T_{di})	26	°C
Altura	2.60	m	Humedad relativa interior (HR_{Di})	50	%
Superficie cubierta total	10451.80	m²	Temperatura máxima de diseño (T_{DMX})	35.6	°C
Volumen	26845.20	m^3	Humedad relativa exterior (HR_{De})	28	%
Humedad absoluta exterior (w_e)	28.87	g/kg	$\Delta t = (T_{DMX} - T_{Di})$	9.6	°C
Humedad absoluta interior (w_i)	10.50	g/kg	Temperatura media	19.43	°C
			Humedad relativa	76.3	%

Tabla 30. Planilla datos generales para el procesamiento de datos

Para definir la temperatura de diseño interior se toma como referencia la tabla 1 de la norma IRAM 11659-1, definiendo el tipo de local "lugares de trabajo oficinas y despachos", nivel de confort B, con una temperatura de diseño interior de 26°C con una humedad relativa interior de 50%. Los datos de temperatura máxima de diseño y la humedad relativa se encuentran en la tabla A.2 (datos climáticos de verano) de la Norma IRAM 11603. Los datos de la humedad relativa exterior, la humedad absoluta exterior y la humedad absoluta interior se obtienen del Diagrama Psicométrico.

Los cálculos de refrigeración fueron realizados para un edificio con DAC y sin DAC para posteriormente realizar una comparación y análisis de los resultados.

CARACTERÍSTICAS DE LA ENVOLVENTE SIN DAC	
Descripción	**K (Wm²/°K)**
Muro exterior	1.59
Techo	1.9
Ventanas	5.8

Figura 109. Transmitancia térmica proyecto sin DAC

CARACTERÍSTICAS DE LA ENVOLVENTE CON DAC	
Descripción	**K (Wm²/°K)**
Muro exterior	0.59
Techo	0.27
Ventanas	1.86

Figura 110. Transmitancia térmica proyecto con DAC

Carga térmica por conducción

A continuación se presenta la planilla para el cálculo de la carga térmica por conducción en la cual se considera las áreas totales de la envolvente multiplicadas por el coeficiente de transmitancia térmica y el Δt. En esta primera instancia se observa una diferencia en los resultados, la carga térmica por conducción del proyecto sin DAC es tres veces mayor que el proyecto con DAC.

Carga térmica por conducción, $Q_{C\ (SIN\ DAC)}$					
Nº	**Designación**	**Área total** (m²)	**K** (W/m².K)	**Δt** (ºC)	**qC**
1	Muro Norte	215.41	1.59	9.6	3288.02
2	Muro Este	64.74	1.59	9.6	988.19
3	Muro Oeste	212.472	1.59	9.6	3243.17
4	Muro Sur	625.508	1.59	9.6	9547.75
5	losa de cubierta	1493	1.9	9.6	27232.32
6	V Norte	967.33	5.8	9.6	53860.93
7	V Este	1394.77	5.8	9.6	77660.79
8	V Oeste	1123.59	5.8	9.6	62561.49
9	V Sur	720.304	5.8	9.6	40106.53
Carga térmica por conducción total, Q_C (i)					**278489.20**

Tabla 31.Carga térmica por conducción sin DAC

Carga térmica por conducción, $Q_{C\ (CON\ DAC)}$					
Nº	**Designación**	**Área total** (m²)	**K** (W/m².K)	**Δt** (ºC)	**qC**
1	Muro Norte	215.41	0.51	9.6	1054.65
2	Muro Este	64.74	0.51	9.6	316.97
3	Muro Oeste	212.472	0.51	9.6	1040.26
4	Muro Sur	625.508	0.51	9.6	3062.49
5	losa de cubierta	1493	0.27	9.6	3869.86
6	V Norte	967.33	1.86	9.6	17272.64
7	V Este	1394.77	1.86	9.6	24905.01
8	V Oeste	1123.59	1.86	9.6	20062.82
9	V Sur	720.304	1.86	9.6	12861.75
Carga térmica por conducción total, Q_C (i)					**84446.45**

Tabla 32. Carga térmica por conducción con DAC

Carga térmica solar

El cálculo de la carga térmica solar es uno de los principales factores para el ingreso de calor dentro de las edificaciones por medio de las superficies vidriadas. En este cálculo intervienen la intensidad de radiación solar en watt por metro cuadrado (Is) y el factor de exposición solar del vidrio o carpintería (f_es). El valor del Is se lo encuentra en la tabla 10 h de la norma IRAM 11659-2, en la cual se especifican la cantidad de radiación solar en watts de acuerdo a la orientación y zona bioambiental, tomando los datos correspondientes a las 13:00 según recomendación de la norma.

Para los datos del f_es se utilizaron los datos de la tabla 5 de la Cátedra de Instalaciones, Balance térmico de verano, en la cual se encuentra un listado de especificaciones de vidrios con protecciones solares como cortinas de tela, persianas horizontales y verticales exteriores. Cabe

recalcar que en la tabla no se indican valores f_es para parasoles horizontales y verticales. La especificación del vidrio de las ventanas del proyecto con DAC es tipo DVH con LOW E 6-12-6 mm con protección de cortinas de tela al interior con un valor f_es de 0.27. Para el proyecto sin DAC se ha considerado un vidrio incoloro de 3 mm sin ningún tipo de protección valor de f_es de 1.

Carga térmica solar, Q_S (SIN DAC)					
I_S es la radiación solar total sobre el plano y F_{es} es el factor de exposición solar.					
Nº	Designación, material y orientación	A (m²)	I_S (W/m²)	F_{es}	q_S (W)
1	V Norte	967.33	385	1	372422.05
2	V Este	1394.77	260	1	362640.20
3	V Oeste	1123.59	366	1	411233.94
4	V Sur	720.304	260	1	187279.04
5					
6					
				Carga térmica solar total, Q_S (ii)	1333575.23
				TOTAL DE CALOR SENSIBLE EXTERNO (iii=i+ii)	1612064.43

Tabla 33. Carga térmica solar proyecto sin DAC

Carga térmica solar, Q_S (CON DAC)					
I_S es la radiación solar total sobre el plano y F_{es} es el factor de exposición solar.					
Nº	Designación, material y orientación	A (m²)	I_S (W/m²)	F_{es}	q_S (W)
1	V Norte	967.33	385	0.27	100553.95
2	V Este	1394.77	260	0.27	97912.85
3	V Oeste	1123.59	366	0.27	111033.16
4	V Sur	720.304	260	0.27	50565.34
				Carga térmica solar total, Q_S (ii)	360065.31
				TOTAL DE CALOR SENSIBLE EXTERNO (iii=i+ii)	444511.76

Tabla 34. Carga térmica solar proyecto con DAC

Carga térmica por fuentes internas

Como se mencionó anteriormente las cargas internas la conforman la cantidad de personas, el tipo de iluminación y el equipamiento para lo cual hay que calcular el calor sensible y el calor latente. El calor sensible es aquel que un cuerpo recibe aumentando su temperatura sin afectar la estructura molecular del mismo, es decir no cambia de estado. El calor latente es la cantidad de energía necesaria para que una sustancia pueda cambiar de fase, de sólido a líquido o de líquido a gaseoso. El calor sensible de objetos y sustancias es el que mayor calor aporta en comparación con la energía que aporta el calor latente. Para el coeficiente de ocupación se toma como referencia la tabla 6 Norma IRAM 11659.1, la cual considera que para un edificio de oficinas una persona por cada 8 m². Para la iluminación se eligió un tipo de lámpara fluorescente de alta eficiencia luminosa y energética de marca Osram HE ES 13W/830, especificación que se consideró en los casos sin DAC y con DAC. De acuerdo al coeficiente de ocupación y a la cantidad de m² útiles la cantidad resultante es 1306 personas. Este valor se tomó como referencia para el cálculo del equipamiento de oficina como computadoras, impresoras, notebook, y adicionalmente se estableció que un porcentaje de oficinas posea heladeras y cafeteras. Se desestimaron en esta oportunidad microondas y pava eléctrica de uso común hoy en día. El cálculo de las cargas internas se encuentran detalladas en la Tabla 35

	oficina	m2 útiles	cantidad de personas	cantidad de luminarias	cafetera	impresora inyección	notebook	monitor	CPU	heladera
PB	1	120.21	15	12	1	1	3	12	12	1
		86.97	11	18		1	2	9	9	
	2	147.62	18	17	1	1	4	14	14	1
		99.02	12	30		1	2	10	10	1
	3	160.45	20	17	1	1	5	15	15	1
		99.02	12	27		1	2	10	10	
	4	151	19	29	1	1	4	15	15	1
	5	147.47	18	10	1	1	4	14	14	1
		63.88	8	22		1	1	7	7	
Total PB-Oficinas con Mez	**5**	**1075.64**	**134**	**182**	**5**	**9**	**27**	**70**	**70**	**6**

MEZ	No.oficina	m2 útiles	cantidad de personas	cantidad de luminarias	cafetera	impresora inyección	notebook	monitor	CPU	heladera
	1	92.69	12	16	1	1	2	10	10	1
	2	45.99	6	10	1	1	1	5	5	1
Total Piso mez	**2**	**138.68**	**17**	**26**	**2**	**2**	**3**	**15**	**15**	**2**

	oficina	m2 útiles	cantidad de personas	cantidad de luminarias	cafetera	impresora inyección	notebook	monitor	CPU	heladera
pisos 1 al 6	1	48.68	6	11	1	1	1	5	5	1
	2	33.31	4	8	1	1	1	3	3	1
	3	33.31	4	8	1	1	1	3	3	1
	4	67.04	8	16	1	1	2	6	6	1
	5	31.14	4	8	1	1	1	3	3	1
	6	29.84	4	8	1	1	1	3	3	1
	7	29.84	4	8	1	1	1	3	3	1
	8	37.46	5	8	1	1	1	4	4	1
	9	62	8	13	1	1	2	6	6	1
	10	42.17	5	9	1	1	1	4	4	1
	11	44.86	6	12	1	1	1	5	5	1
	12	41.11	5	9	1	1	1	4	4	1
	13	45.51	6	12	1	1	1	5	5	1
	14	51.54	6	12	1	1	1	5	5	1
	15	31.99	4	8	1	1	1	3	3	1
	16	64.76	8	13	1	1	2	6	6	1
	17	47.72	6	12	1	1	1	5	5	1
	18	46.39	6	12	1	1	1	5	5	1
	19	46.39	6	12	1	1	1	5	5	1
	20	47.72	6	12	1	1	1	5	5	1
	21	33.4	4	8	1	1	1	3	3	1
	22	33.4	4	8	1	1	1	3	3	1
	23	33.4	4	8	1	1	1	3	3	1
	24	33.4	4	8	1	1	1	3	3	1
	25	68.44	9	18	1	1	2	7	7	1
sub-total por piso	25	1084.82	136	261	25	25	29	107	107	25
total pisos 1 al 6	**150**	**6508.92**	**813.62**	**1566**	**150**	**150**	**174**	**642**	**642**	**150**

	oficina	m2 útiles	cantidad de personas	cantidad de luminarias	cafetera	impresora inyección	notebook	monitor	CPU	heladera
pisos 7 al 10	1	48.68	6	11	1	1	1	5	5	1
	2	33.31	4	8	1	1	1	3	3	1
	3	33.31	4	8	1	1	1	3	3	1
	4	67.04	8	16	1	1	2	6	6	1
	5	48.04	6	12	1	1	1	5	5	1
	6	51.51	6	12	1	1	1	5	5	1
	7	31.99	4	8	1	1	1	3	3	1
	8	65.57	8	13	1	1	2	6	6	1
	9	33.85	4	12	1	1	1	3	3	1
	10	33.4	4	12	1	1	1	3	3	1
	11	33.4	4	12	1	1	1	3	3	1
	12	33.4	4	12	1	1	1	3	3	1
	13	33.4	4	12	1	1	1	3	3	1
	14	33.4	4	12	1	1	1	3	3	1
	15	33.4	4	12	1	1	1	3	3	1
	16	68.44	9	18	1	1	2	7	7	1
sub-total por piso	16	682.14	85	190	16	16	19	64	64	16
total pisos 7 al 10	**64**	**2728.56**	**341.07**	**760**	**64**	**64**	**76**	**256**	**256**	**64**

Total Edificio	Cantidad de oficinas	m2 útiles	cantidad de personas	cantidad de luminarias	cafetera	impresora inyección	notebook	monitor	CPU	heladera
	221	**10452**	**1306**	**2534**	**221**	**225**	**280**	**983**	**983**	**222**
					110.5	**180**				**22**
					50% de las oficinas	80% de las oficinas				10% de las oficinas

Tabla 35.Cálculo de cargas internas

Carga térmica por fuentes internas (Calor SENSIBLE) Qo_S				
Calor interno (personas)	**N_{pers}**	**M** (W/pers)		Q_{pers} (W)
Personas	1306	47		**61404.325**
Calor interno (iluminación)	**A** (m^2)	**C_T**	**q_{ilum}** (W/m^2)	**Q_{ilum_S}** (W)
Iluminación artificial (50% incandescentes)				
Iluminación artificial bajo consumo	2534		13	**32942**
Calor interno (artefactos)	**N_{art}**	**Q_s** (W/art)		**Q_{art_S}** (W)
cafetera	111	230		**25415**
impresora	180	40		**7200**
notebook	280	45		**12600**
monitor	983	45		**44235**
CPU	983	200		**196600**
heladera	22	310		**6820**
calor sensible por equipamiento				**292870.00**

Tabla 36.Carga térmica por fuentes internas (Calor sensible)

Subtotal de ganancias de calor por fuentes internas $Qo_S = Q_{pers_S} + Q_{ilum_S} + Q_{art_S}$ **(iv)**	**387216.33**
Ganancia de calor en conductos (v) = (iv + iii)	**79971.23**
TOTAL DE CALOR SENSIBLE INTERNO (vi) = (v + iv)	**467187.56**
CAR: Carga térmica por ventilación sensible: $C_{AR} = N_{pers} \cdot C_{aire}$ [m^3/hpers]	
CAR=1306 personas x15 m3/hpers =19597.12 m3/hpers	
CALOR SENSIBLE DEL AIRE EXTERIOR (vii)= CAR .0.25.Δt 19597.12 m3/hpersx0.25x9.6 °C=	**47033.1**
CARGA TOTAL DE CALOR SENSIBLE	
Calor sensible externo (iii)	**1612064.43**
Calor sensible interno (vi)	**467187.56**
Calor sensible del aire exterior (vii)	**47033.1**
CARGA TOTAL DE CALOR SENSIBLE (iii+vi+vii)	**2126285.09**

Tabla 37.Total calor sensible proyecto sin DAC

Subtotal de ganancias de calor por fuentes internas $Qo_S = Q_{pers_S} + Q_{ilum_S} + Q_{art_S}$ **(iv)**	**387216.33**
Ganancia de calor en conductos (v) = (iv + iii)	**33269.12**
TOTAL DE CALOR SENSIBLE INTERNO (vi) = (v + iv)	**420485.45**
CAR: Carga térmica por ventilación sensible: $C_{AR} = N_{pers} \cdot C_{aire}$ [m^3/hpers] CAR=1306 personas x15 m3/hpers =19597.12 m3/hpers	
CALOR SENSIBLE DEL AIRE EXTERIOR (vii)= CAR .0.25.Δt 19597.12 m3/hpersx0.25x9.6 °C=	**47033.1**
CARGA TOTAL DE CALOR SENSIBLE	
Calor sensible externo (iii)	**444511.76**
Calor sensible interno (vi)	**420485.448**
Calor sensible del aire exterior (vii)	**47033.1**
CARGA TOTAL DE CALOR SENSIBLE (iii+vi+vii)	**912030.31**

Tabla 38. Total calor sensible proyecto con DAC

Carga térmica por fuentes internas (Calor LATENTE)			
Calor interno (personas)	**N_{pers}**	**M** (W/pers)	**Q_{pers_S}** (W)
Personas	1306	52	**67936.7**
Calor interno (artefactos)	**N_{art}**	**O** (W/art)	**Q_{art_S}** (W)
cafetera	111	60	**6630**
TOTAL CALOR LATENTE INTERNO			**74566.7**
Carga térmica por ventilación latente **Qa= CARx0.61xΔw**			W
CALOR LATENTE DEL AIRE EXTERIOR 19597.12x0.61x18.37			**219599.50**
CARGA TOTAL DE CALOR LATENTE			
Calor latente interno			**74566.7**
Calor por ventilación latente			**219599.50**
CARGA TOTAL DE CALOR LATENTE			**294166.20**

Tabla 39. Total calor latente por fuentes internas

CARGA TÉRMICA TOTAL EN REFRIGERACIÓN QR (CON DAC)		
Carga total de calor sensible	912030.31	W
Carga total de calor latente	294166.20	W
TOTAL	**1206196.51**	**W**
COEFICIENTE VOLUMÉTRICO DE REFRIGERACIÓN GR		
CARGA TÉRMICA DE REFRIGERACIÓN	1206196.51	W
Volumen a refrigerar	26845.20	m³
Coeficiente volumétrico de refrigeración GR	44.93	W/m³
Coeficiente volumétrico admisible refrigeración, GRadm	**??????**	**W/m³**

342.96	**Toneladas de refrigeración (TRF)**

Tabla 40. Carga térmica total sin DAC

CARGA TÉRMICA TOTAL EN REFRIGERACIÓN QR (SIN DAC)		
Carga total de calor sensible	2126285.09	W
Carga total de calor latente	294166.20	W
TOTAL	**2420451.29**	W

COEFICIENTE VOLUMÉTRICO DE REFRIGERACIÓN GR		
CARGA TÉRMICA DE REFRIGERACIÓN	2420451.29	W
Volumen a refrigerar	26845.20	W/m³
Coeficiente volumétrico admisible refrigeración GR	90.16	W/m³
eficiente volumétrico admisible refrigeración, GRadm	**???????**	**W/m³**

688.21	**Toneladas de refrigeración (TRF)**

Tabla 41. Carga térmica total con DAC

Carga térmica total en refrigeración

El valor total de la carga térmica de refrigeración (QR) dividido por el volumen a refrigerar se obtiene el coeficiente volumétrico de refrigeración (GR), valor que tiene que ser verificado por el coeficiente volumétrico admisible (GRadm) ya que de esta manera se comprueba que el proyecto cumple con la norma. Para este caso no existe norma oficial de ahorro de energía en refrigeración para edificios de oficinas razón por la cual no era posible verificar los resultados de los casos de estudio. Se optó por revisar la documentación que la maestría nos proporcionó sobre este tema encontrando el artículo *"Ahorro de energía en refrigeración de edificios para oficinas. Propuesta de indicadores de eficiencia y valores admisibles"* M.B Salvetti, J.Czajkowski y A. Gómez. Este trabajo realizó una revisión de la norma IRAM 11659-2 Ahorro de energía en refrigeración, Edificios para vivienda, proponiendo valores aplicables a edificios de oficinas como la carga térmica total de verano (QR), de la cual se deriva el coeficiente de refrigeración por unidad de superficie (SR), y el coeficiente volumétrico de refrigeración (GR), considerando los factores de ocupación, iluminación y equipamiento de oficinas siendo estos valores mayores a los de una vivienda. En esta investigación también se plantean tres grados de relación de superficies vidriadas y opacas desde el 20% de superficie vidriada hasta un valor máximo de 50% y similar a la norma IRAM 11659-2, el volumen máximo designado para los valores QR y GR es hasta 10.000 m³. El proyecto de estudio cuenta con un volumen de 26.845 m³ y surge la interrogante *¿Qué metodología utilizar para volúmenes mayores de 10.000 m³?*

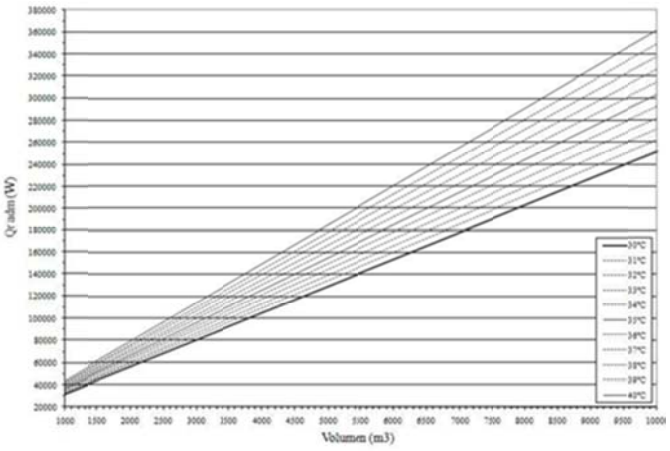


Figura 111. Valores admisibles de QR para edificios de oficinas con 50% de la envolvente vidriada. Fuente "Ahorro de energía en refrigeración de edificios de oficina propuesta de indicadores de eficiencia y valores admisibles"

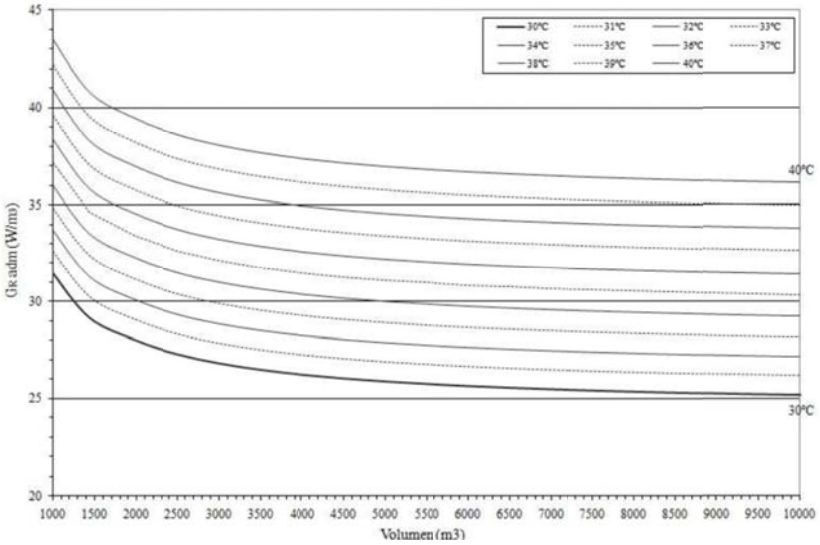


Figura 112. Valores admisibles de GR para edificios de oficinas con 50% de la envolvente vidriada. Fuente "Ahorro de energía en refrigeración de edificios de oficina propuesta de indicadores de eficiencia y valores admisibles"

Se decidió de utilizar como base los gráficos del documento anteriormente indicado y mediante una interpolación gráfica con los valores admisibles de la carga QR y GR para edificios de oficinas con 50% de vidrio Figura 111 y Figura 112 para realizar esquemas que alcancen los 26.845 m³. Se utilizó como base el gráfico de QRadm tomando como referencia la temperatura máxima de diseño 35.6 °C (TDMX) y seguir la tendencia de la recta interceptándola con los 26.845 m³ en el eje. El método gráfico da como resultado un QR de 820.000 W mientras que el QR del proyecto con DAC es 1206196W. Por lo tanto la carga de refrigeración no verificaría en el proyecto con DAC.

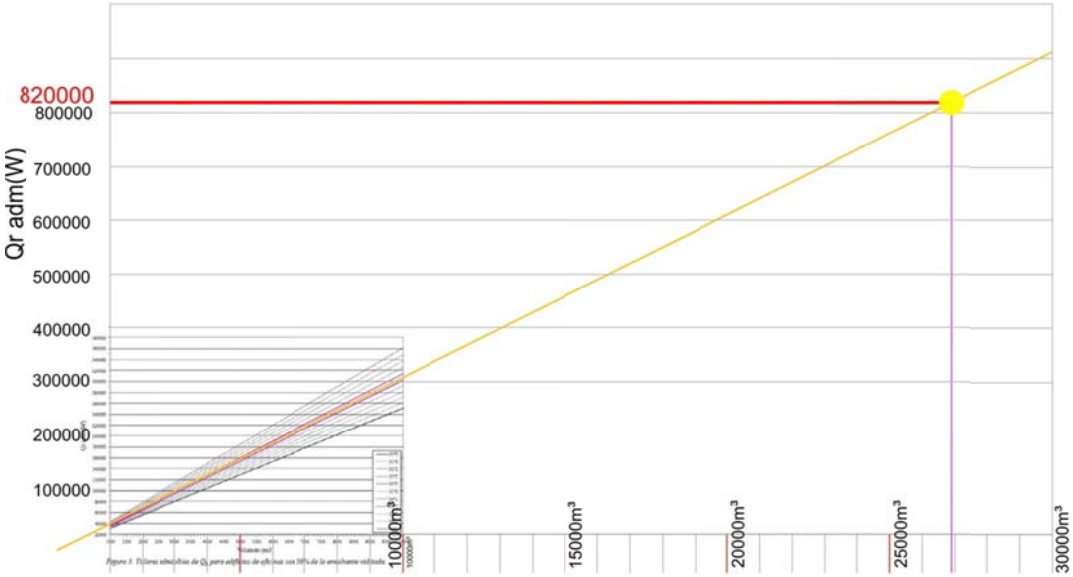


Figura 113. Valores admisibles de QR para edificios de oficinas con 50% de la envolvente vidriada, gráfico extendido a 30.000 m³. Fuente: Elaboración propia en base a los gráficos del artículo citado.

Para la obtención del coeficiente volumétrico G de refrigeración admisible (GRadm) se utilizó como referencia el gráfico de GRadm, tomando la curva correspondiente a TDMX DE 36.5 °C que luego se convierte en una recta ligeramente inclinada extendiéndola hasta que se intercepte con los 26.845 m³. Este procedimiento da como resultado un GRadm de 29.5 W/m³, mientras que el GR del

proyecto con DAC es 44.93 W/m³; entonces el coeficiente volumétrico GR de cálculo no verifica para el proyecto con DAC.

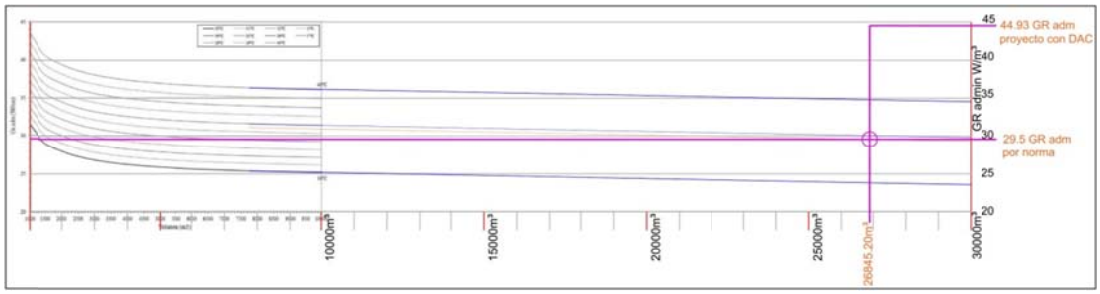


Figura 114.Valores admisibles de GR para edificios de oficinas con 50% de la envolvente vidriada, gráfico extendido a 30.000 m³. Fuente: Elaboración propia en base a los gráficos del artículo citado.

Resultados proyecto sin DAC y con DAC

COEFICIENTE VOLUMÉTRICO DE REFRIGERACIÓN GR		
CARGA TÉRMICA DE REFRIGERACIÓN	2420451.29	W
Volumen a refrigerar	26845.20	W/m³
Coeficiente volumétrico admisible refrigeración GR	90.16	W/m³
eficiente volumétrico admisible refrigeración, GRadm	**29.5**	**W/m³**

688.21	**Toneladas de refrigeración (TRF)**

Tabla 42 Resultados proyecto sin DAC

COEFICIENTE VOLUMÉTRICO DE REFRIGERACIÓN GR		
CARGA TÉRMICA DE REFRIGERACIÓN	1206196.51	W
Volumen a refrigerar	26845.20	m³
Coeficiente volumétrico de refrigeración GR	44.93	W/m³
Coeficiente volumétrico admisible refrigeración, GRadm	**29.5**	**W/m³**

342.96	**Toneladas de refrigeración (TRF)**

Tabla 43 Resultados proyecto con DAC

Análisis resultados comparaciones

Como se mencionó anteriormente el proyecto mejorado no cumple con los valores admisibles de la carga térmica de refrigeración y con el coeficiente volumétrico de refrigeración, a pesar que previamente se han cumplido con las normas IRAM 11601,11603,11604, 11605 11625, 11630, situación que será analizada en las reflexiones finales de este trabajo. A continuación se hace mención al desglose por tipo de cargas que influyen en el resultado final en un caso y otro.

RESUMEN PROYECTO SIN DAC Cargas térmicas externas e internas (watts)		
Conducción de la envolvente (S)	**278489,20**	
Carga térmica solar (S)	**1333575,23**	
Carga térmica por personas (S)	**61404,33**	**387216,33**
Carga térmica por equipamiento (S)	**292870,00**	
Carga térmica por Iluminación (S)	**32942,00**	
Carga térmica por aire exterior (S)	**47033,1**	
Carga térmica por personas (L)	**67936,70**	
Carga térmica por equipamiento (L)	**6630,00**	
Carga térmica por aire exterior (L)	**219599,50**	

Tabla 44. Resumen de cargas térmicas y externas sin DAC.

RESUMEN PROYECTO CON DAC Cargas térmicas externas e internas (watts)	
Por conducción de la envolvente (S)	**84446.45**
Por carga térmica solar (S)	**360065.31**
Carga térmica por personas (S)	**61404.33**
Carga térmica por equipamiento (S)	**292870.00**
Carga térmica por Iluminación (S)	**32942.00**
Carga térmica por aire exterior (S)	**47033.1**
Carga térmica por personas (L)	**67936.70**
Carga térmica por equipamiento (L)	**6630.00**
Carga térmica por aire exterior (L)	**219599.50**

Tabla 45. Resumen de las cargas térmicas y externas con DAC

En los 2 casos, el valor de las cargas térmicas por ocupación (calor sensible) de las personas, equipamiento e iluminación es el mismo.

Análisis cargas del proyecto sin DAC

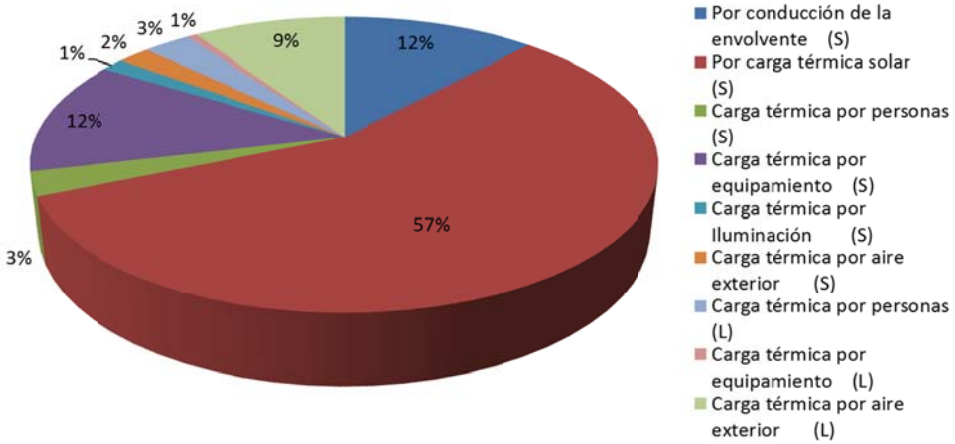


Figura 115. Porcentajes cargas térmica externas e internas proyecto sin DAC

En el proyecto sin DAC, el mayor porcentaje de carga lo representa la térmica solar siendo el 57% del total, ya que se ha considerado para el cálculo un vidrio simple incoloro y sin protecciones solares, factor determinante en el resultado. La sumatoria de las cargas internas (ocupación, equipamiento e iluminación) es del 17%, este valor se divide para la ocupación 3%, equipamiento 13%, y la iluminación 1%. El tercer mayor porcentaje es la conducción por la envolvente 12% y el cuarto mayor valor es el calor latente del aire exterior con un 9%. Con porcentajes menores al 3% se ubican las cargas térmicas por calor latente de las personas y el equipamiento.

Análisis cargas del proyecto con DAC

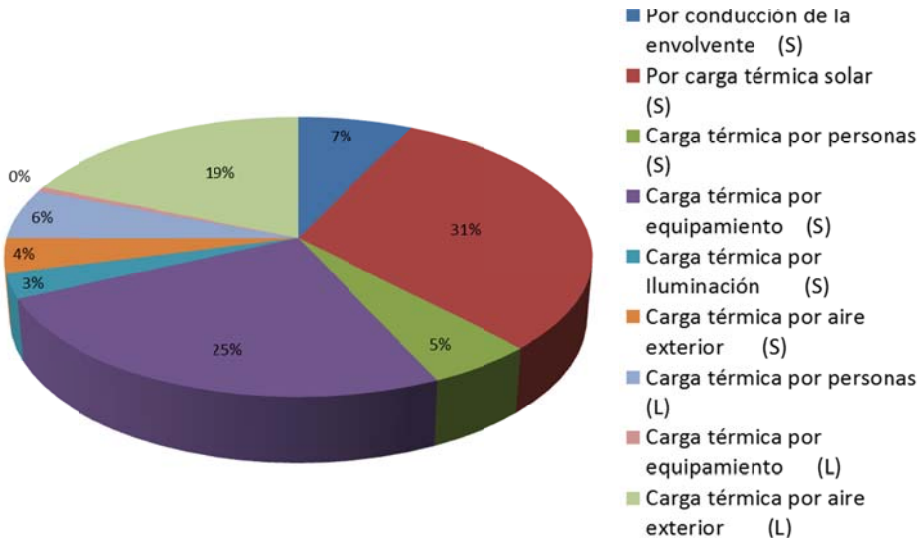


Figura 116. Porcentajes cargas térmicas externas e internas proyecto con DAC

En el análisis del proyecto con DAC se observa, que gracias al mejoramiento de la envolvente tanto en muros como aberturas, se logra reducir considerablemente el valor de la carga térmica solar y la conducción por la envolvente con respecto al proyecto sin DAC, con valores del 31% y 7% respectivamente.

Análisis comparativo de las cargas intervinientes en el caso sin y con DAC

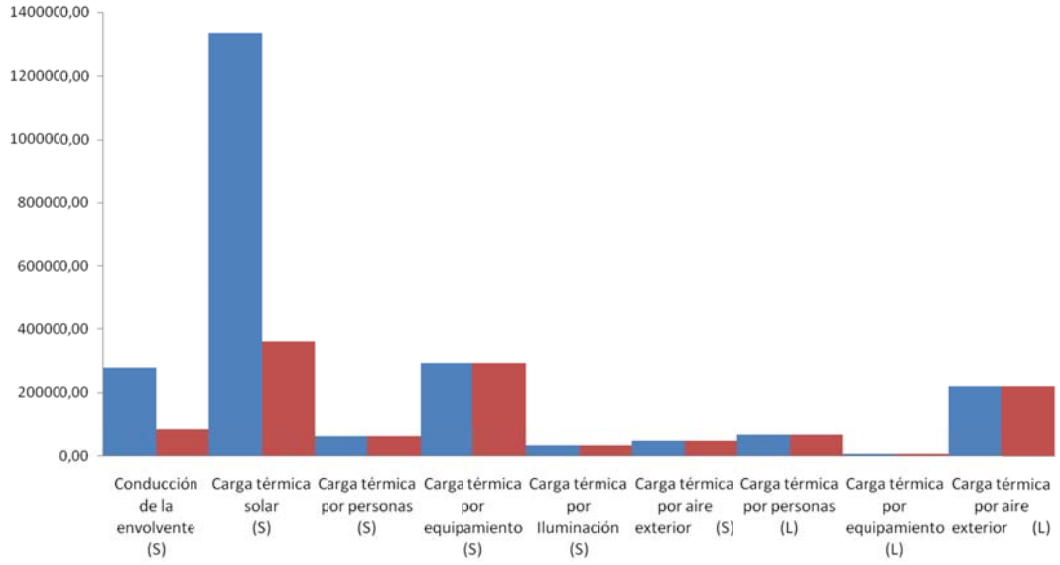


Figura 117: Comparación cargas externas e internas en el caso sin DAC y con DAC.

En la Figura 117 se observa las variaciones en el desglose de las cargas térmicas para los dos casos. Tomando cada tipo de carga comparando la versión original con la mejorada, se observa que los ítems donde se percibe el cambio son los de calor sensible proveniente de la conducción de la envolvente y por la carga térmica solar a través de la radiación, con una reducción equivalente al 70%. Tanto el tipo y cantidad de equipamiento, así como las personas se tomaron como valor fijo, por lo cual tampoco se reflejan cambios en ese sentido, entonces claramente las variaciones se dan a partir del tratamiento de los cerramientos.

El mejoramiento de la envolvente y adecuadas protecciones solares son determinantes para el mejoramiento térmico de la edificación disminuyendo, aproximadamente un 50% la carga total de refrigeración de 688.21 TR (toneladas de refrigeración) en la situación original a 342.96 TR en la situación mejorada. A pesar de esta circunstancia relevante, cabe destacar que, según los parámetros empleados para obtención de un GRadm y QRadm suponiendo su validez, no verificaría la norma y además el valor resultante de cálculo del proyecto es casi el doble.

Simulación energética

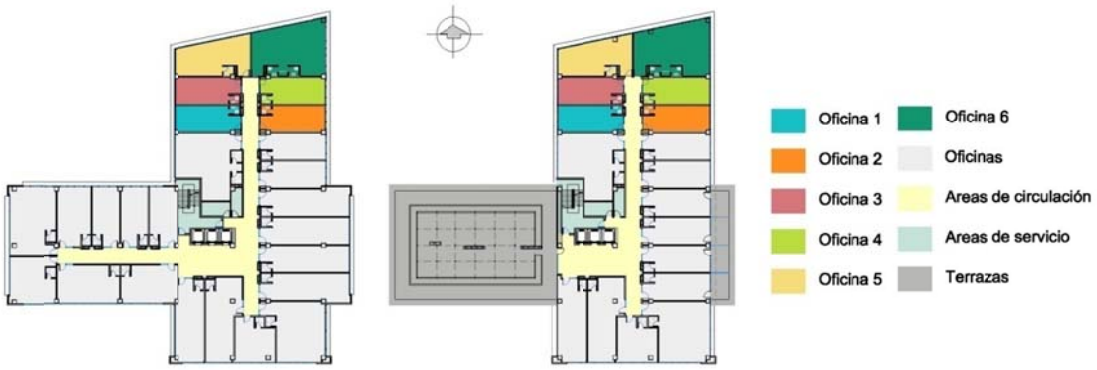


Figura 118. Sectorización del edificio en el que se realizó la simulación energética (oficinas 1 a 6)

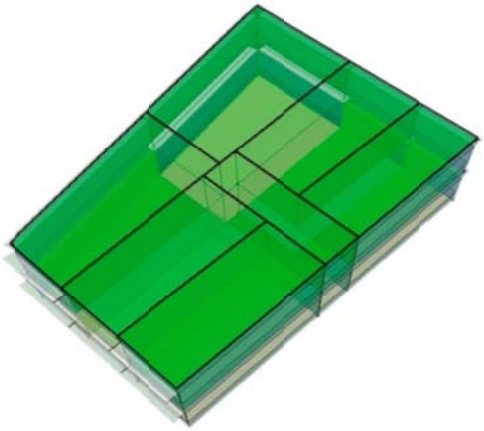


Figura 119. Oficina señalizada para su análisis individual (Maqueta sketch up - datos vinculados a E. Plus)

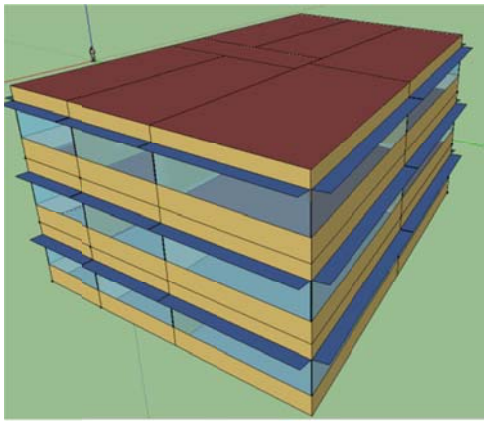


Figura 120. Volumen completo del modelo a simular (Maqueta en Sketch up- datos vinculados a E Plus)

Metodología

Con la finalidad de comprobar el comportamiento térmico de los dos casos de estudio se procedió a realizar una simulación energética con el programa Energy Plus. En este proceso no fueron consideradas las cargas internas ya que la finalidad fue verificar el comportamiento de la envolvente sin DAC y con DAC frente a los efectos del clima de Mar del Plata en verano y en invierno. No se ha colocado valor de termostato y no incluye sistemas de calefacción o refrigeración.

Al ser un proyecto que tiene más de 10000 m², se consideró armar la maqueta de un sector del edificio, el cual está identificado en la Figura 118. En esta zona se analizaron 4 oficinas, la oficina 4 orientada al oeste, la oficina 5 con orientación al este. Las oficinas esquineras 5 y 6 con una leve inclinación con respecto al norte cuentan con doble fachada orientadas hacia el este y al oeste respectivamente. Por su ubicación y características estos espacios podrían ser los más vulnerables a los efectos térmicos. La maqueta en sketch up fue realizada sólo con tres niveles de oficinas Figura 119, tomando el nivel 2 y el nivel 3, para realizar el análisis de los resultados. Siguiendo con la misma metodología del trabajo en general se han realizado simulaciones de los dos casos de estudio, proyecto con DAC y sin DAC. Se cargaron los datos climáticos del lugar y se emplearon los valores de transmitancia de la envolvente.

Los resultados de la simulación se presentaran de la siguiente forma:

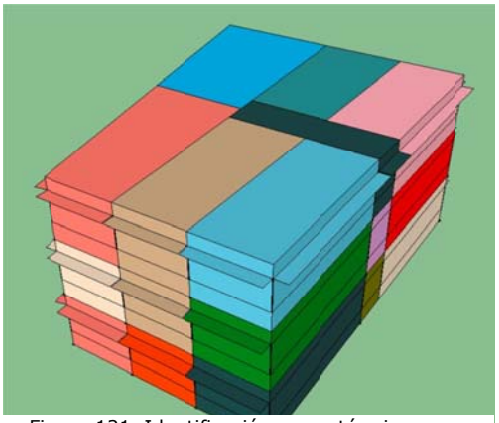


Figura 121. Identificación zonas térmicas para simular. (Maqueta Sketch Up-Open Studio)

- Simulación anual
- Simulación en los 3 meses de verano e invierno
- Simulación período de una semana en verano e invierno
- Simulación tomando como referencia el día con las más altas o bajas temperaturas en verano e invierno.

Gráficos y Análisis

Análisis resultados piso intermedio sin DAC

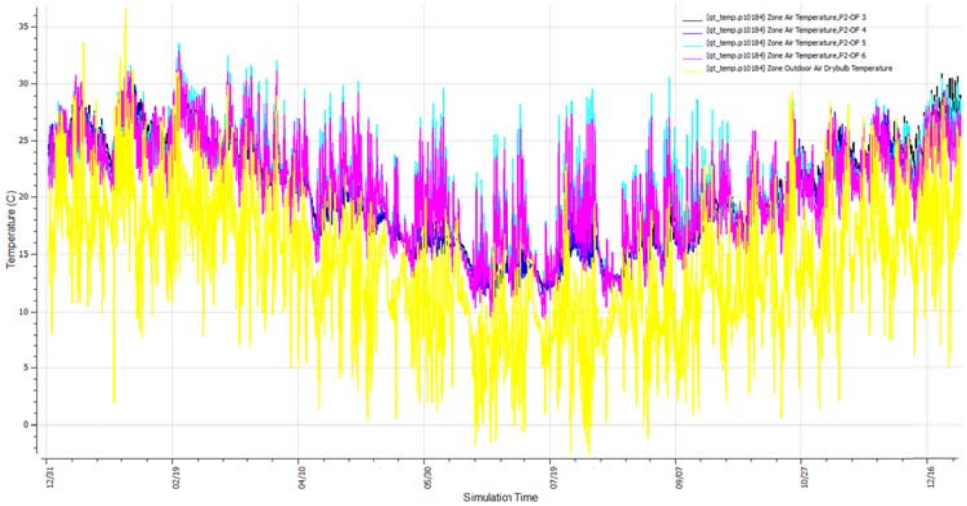


Figura 122. Comportamiento térmico anual piso intermedio, sin DAC

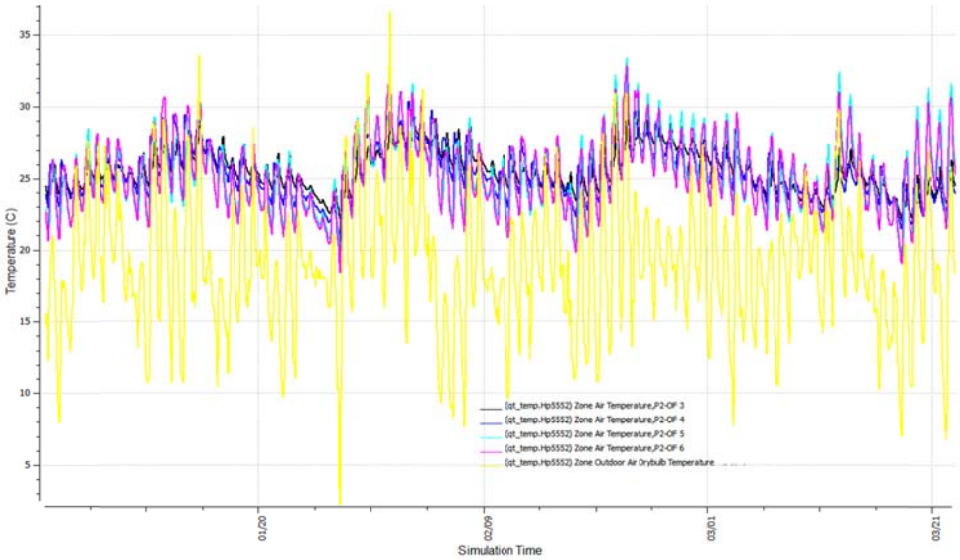


Figura 123. Comportamiento térmico período estival (sin DAC)

Se observan grandes amplitudes térmicas. Las temperaturas exteriores se presentan dentro de un rango desde 3°C hasta 36 °C, mientras que en el interior las temperaturas oscilan desde 18°C hasta 33°C.

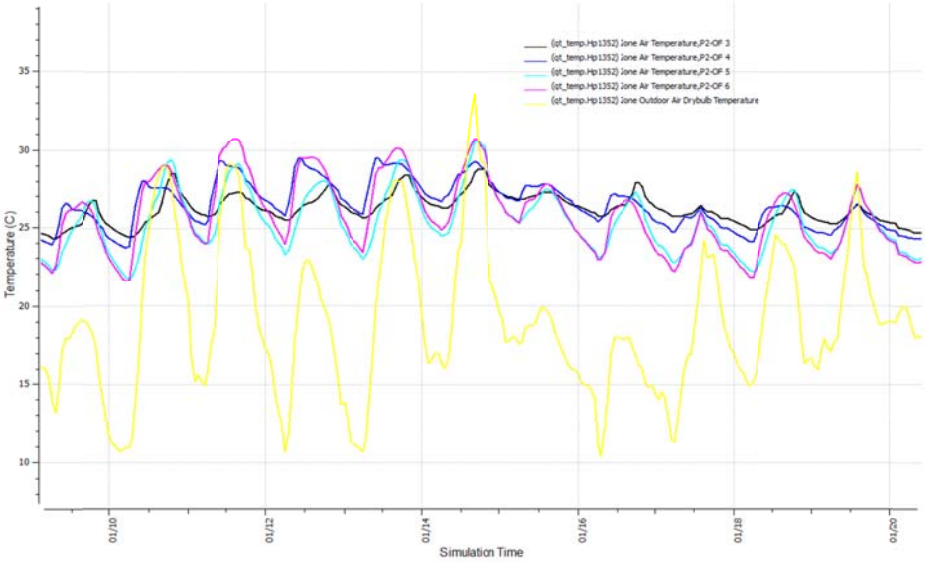


Figura 124. Comportamiento térmico 10 al 20 de enero (sin DAC) verano

Figura 124 se presentan grandes amplitudes térmicas entre el interior y el exterior, la temperatura exterior más baja registra 11°C mientras que la temperatura interior más alta le corresponde a la oficina 6 con 31°C, resultando una diferencia de 20°C. Se observa que las oficinas esquineras 5 y 6 tienen temperaturas más altas con respecto a las oficinas 3 y 4, pues poseen 2 de sus fachadas expuestas. Y la oficina 6 con mayores temperaturas que la oficina 5, esto se debe a una mayor superficie vidriada., motivo por el cual se acumula mayor calor en este espacio. Cuando se presentan altas o bajas temperaturas exteriores el comportamiento de las oficinas 5 y 6 siguen la tendencia del exterior a diferencia de las oficinas 3 y 4 (oeste y este).

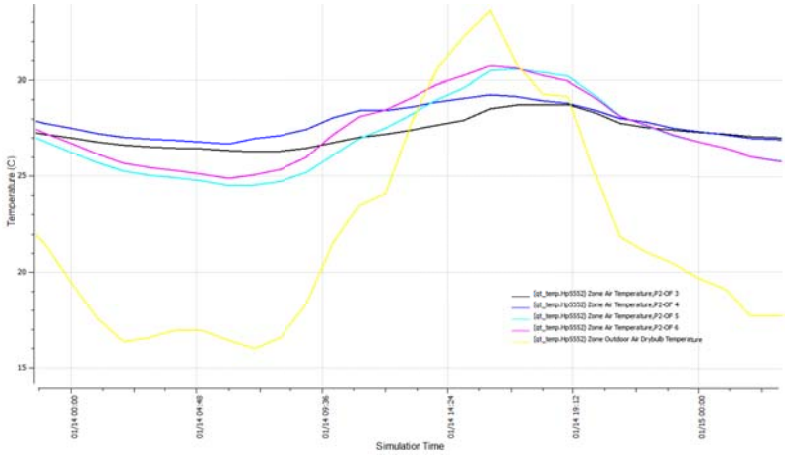


Figura 125. Comportamiento térmico 14 de enero (sin DAC) verano

De la Figura 125 se tomó como base el día más caluroso de los meses de verano (14 de enero) con una temperatura máxima de 33.5°C aproximadamente a las 15:00h. Las oficinas presentan valores mayores de temperatura que el exterior, unos 25°C a 28°C, mientras que al exterior la mínima es 16°C. En las primeras horas de la mañana la temperatura interior comienza a subir. La temperatura de la oficina 4 es mayor en las horas de la mañana con una máxima de 29°C por el efecto de la radiación solar y la oficina 3 también llega a 29°C a las 19:00h.La máxima interior le corresponde a la oficina 6 con 30.5°C y similar comportamiento se presenta en la oficina 5.

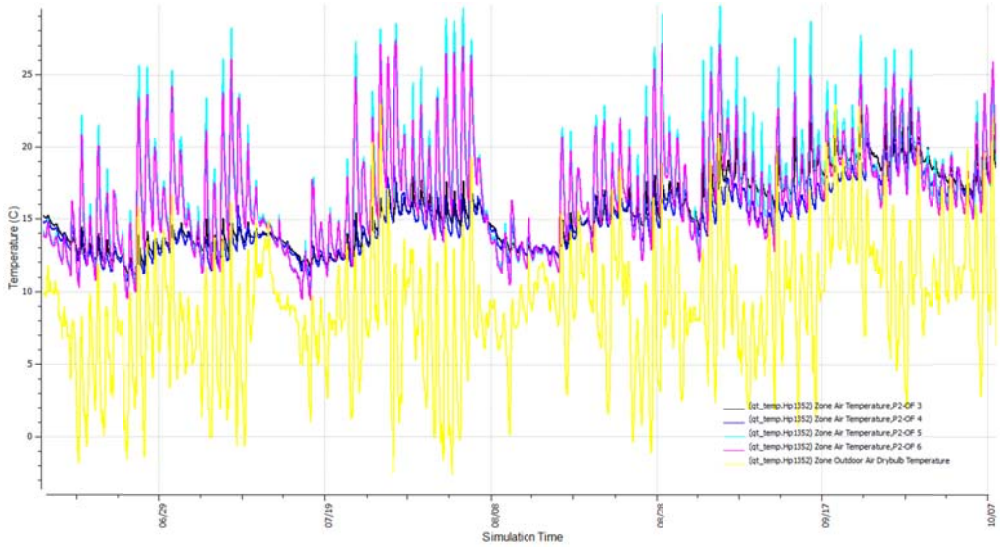


Figura 126. Comportamiento térmico meses de invierno 21 de junio-20 de septiembre (sin DAC)

En la Figura 126 las temperaturas en el interior son mayores que las temperaturas del exterior. Temperaturas interiores con máximas de 28°C y con mínimas de 9°C. Las temperaturas exteriores oscilan desde -2°C hasta los 24°C con una amplitud térmica de 22°.Es interesante que a pesar de las bajas temperaturas en el exterior las temperaturas en el interior estén por encima de 10°C.Otro tema a destacar es la diferencia de temperaturas de las oficinas 5 y 6 (esquineras) respecto a las 3 y 4 por su orientación.

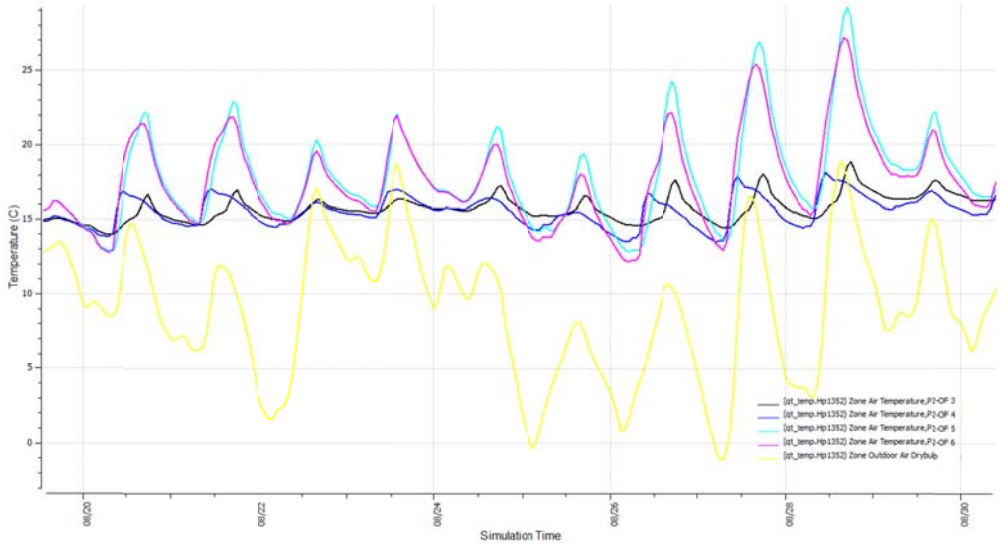


Figura 127. Comportamiento térmico 20 al 30 de agosto (sin DAC) invierno

En la Figura 127 se observan comportamientos térmicos similares entre las oficinas 3,4 y las oficinas 5,6 con temperaturas entre 19°C a 28°C y 16°C a 22°C respectivamente; y las oficinas 3-4 tienen amplitudes térmicas entre 6°C y 9°C respecto a la zona 5-6 .En algunos momentos la temperatura interior de las oficinas 3 y 4 rondan los 17 °C y es similar al exterior. La oficina 5 es la que presenta la temperatura más alta con 29°C con una temperatura exterior de 19°C con una amplitud térmica de 10°C.

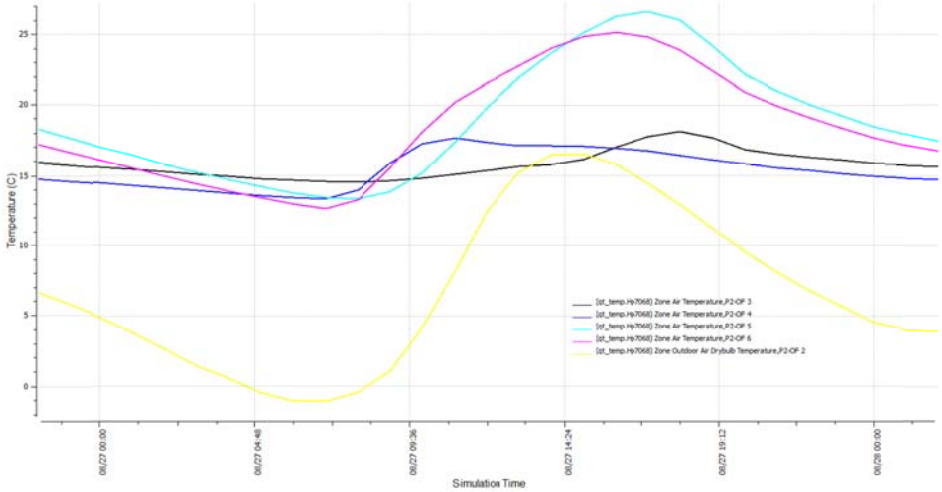


Figura 128. Comportamiento térmico día 27 de agosto (sin DAC) invierno

En la Figura 128 observa que en las horas de la madrugada el comportamiento térmico de las oficinas es uniforme, las temperaturas oscilan entre los 14°C y 18°C. En las primeras horas de la mañana las oficinas 5 y 6 aumentan su temperatura interior con respecto al resto, llegando a una máxima de 26°C. La orientación y la mayor superficie vidriada de las oficinas esquineras producen mayor acumulación de calor.

Análisis resultados piso intermedio con DAC

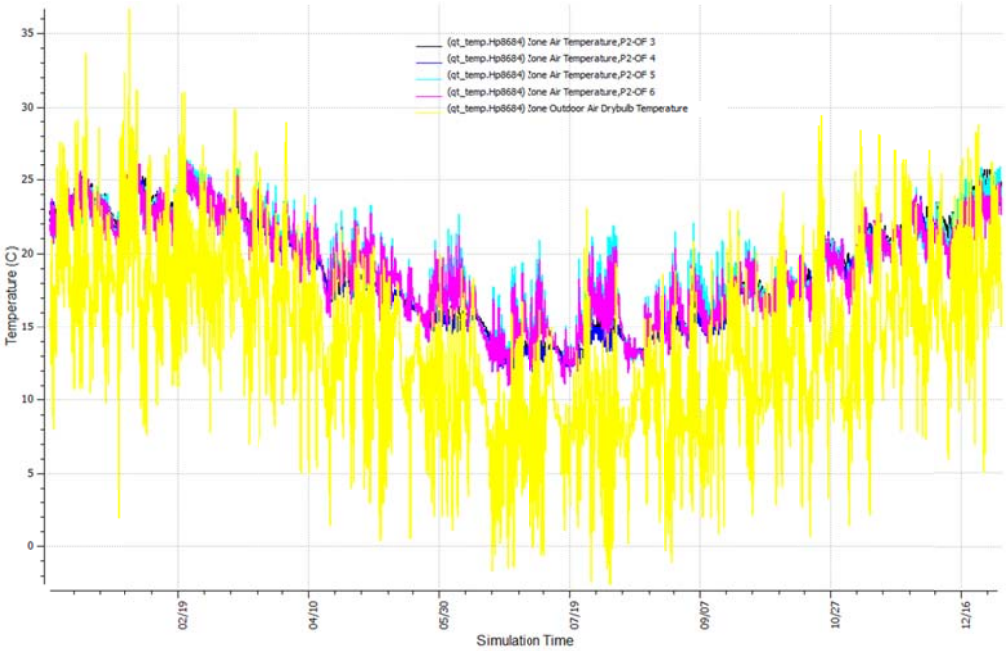


Figura 129. Comportamiento térmico anual pisos intermedios (con DAC)

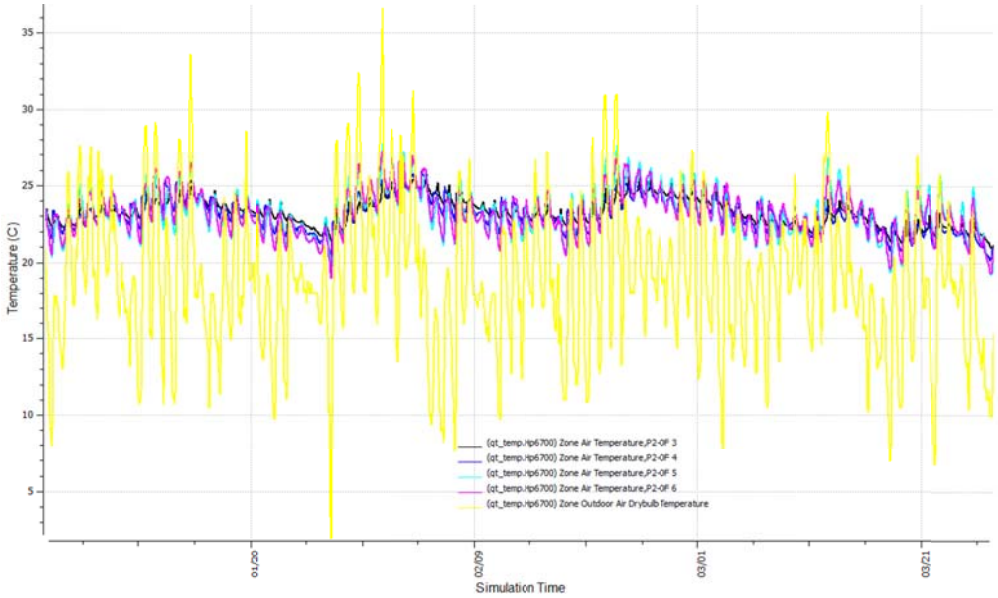


Figura 130. Comportamiento térmico meses verano (con DAC)

En la Figura 130 observa un comportamiento térmico interior más uniforme con temperaturas que oscilan entre 19°C y los 28°C.

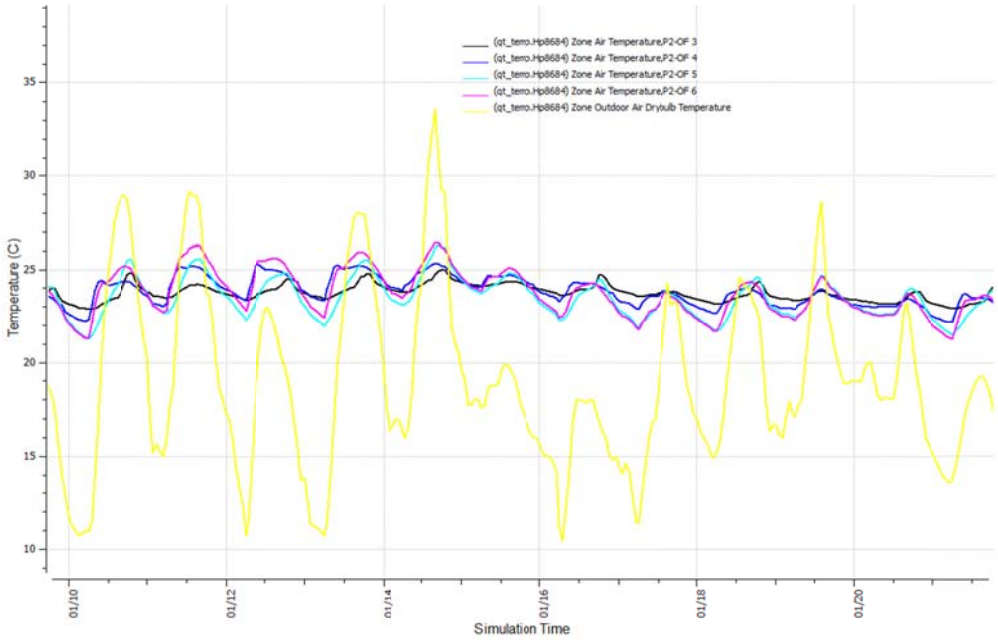


Figura 131. Comportamiento térmico 10 al 20 de enero (con DAC) verano

En la Figura 131, se observa amplitudes térmicas considerables entre el exterior y el interior aproximadamente entre 8°C y 11°C. Diferencias mínima de temperaturas entre los espacios interiores según su orientación. La oficina 5 y 6 llegan a una máxima de 26.5°C con una mínima de 21.5°C, la oficina 4 máxima de 25.3°C mínima 23.5°C y la oficina 3 máxima 25°C mínima 22.5°C.

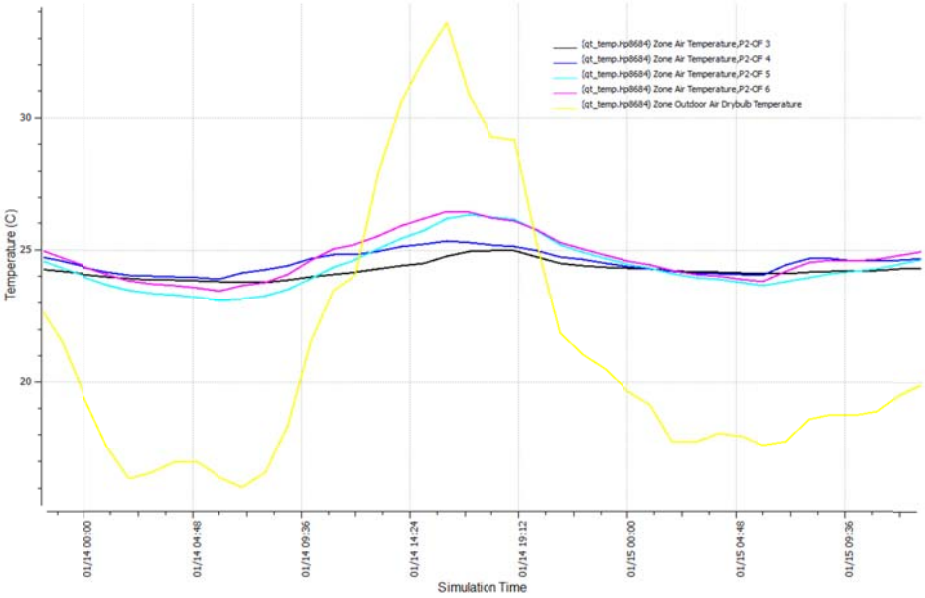


Figura 132. Comportamiento térmico 14 de enero (con DAC) verano

En la Figura 132 se observan grandes amplitudes térmicas entre el interior y el exterior, pero en el interior se presentan temperaturas que oscilan entre los 24°C y 26.5°C. El comportamiento térmico interior es homogéneo independientemente de las temperaturas exteriores. La temperatura máxima de la oficina 6 es 26.5°C y en el exterior es 33.5°C, una diferencia de 7°C. La temperatura más baja le corresponde a la oficina 5 con 23.5°C y la temperatura más baja en el exterior es 16.2°C diferencia de 7.5°C.

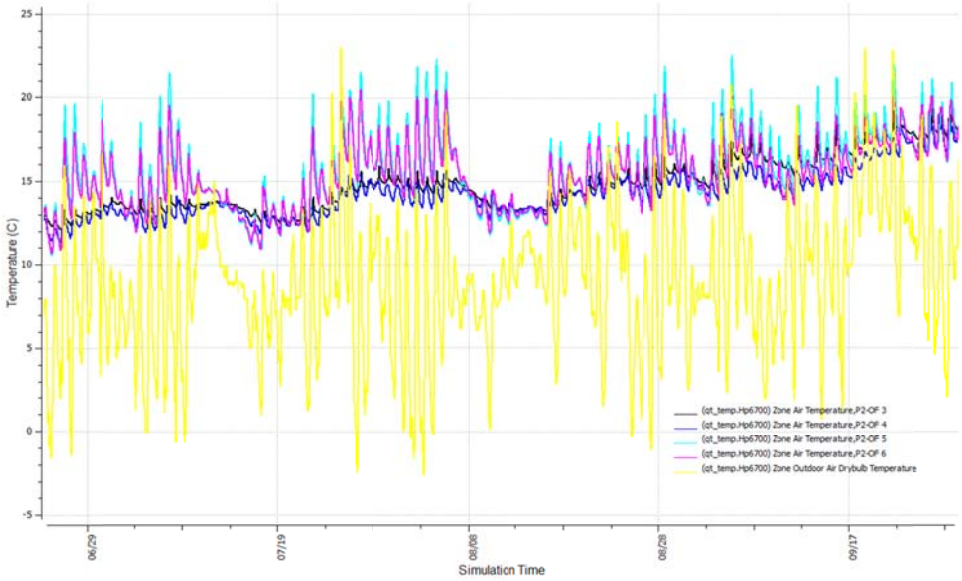


Figura 133. Comportamiento térmico meses de invierno 21 de junio-21 de septiembre (con DAC) invierno

En la Figura 133 se registran temperaturas interiores entre los 22 °C y 10.5°C. En algunos puntos la temperatura exterior es más alta que la temperatura interior y en otros casos la temperatura exterior e interior se equiparan en algunos picos de máxima pero en general las temperaturas exteriores se mantienen por debajo de las temperaturas exteriores.

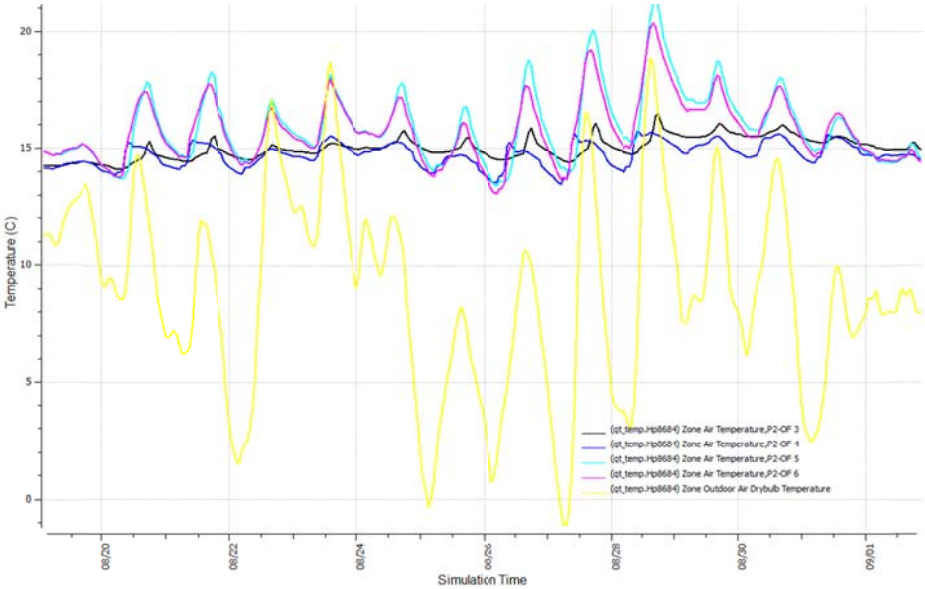


Figura 134. Comportamiento térmico 20 al 30 de agosto (con DAC) invierno

En la Figura 134, las oficinas 5 y 6 se comportan de manera similar y acompañan los picos exteriores aumentando su temperatura con una máxima de 21°C registrada en la 5 y una mínima de 13°C en la 6. Las oficinas 3 y 4 presentan temperaturas más bajas y uniformes entre los 16°C a 13°C.

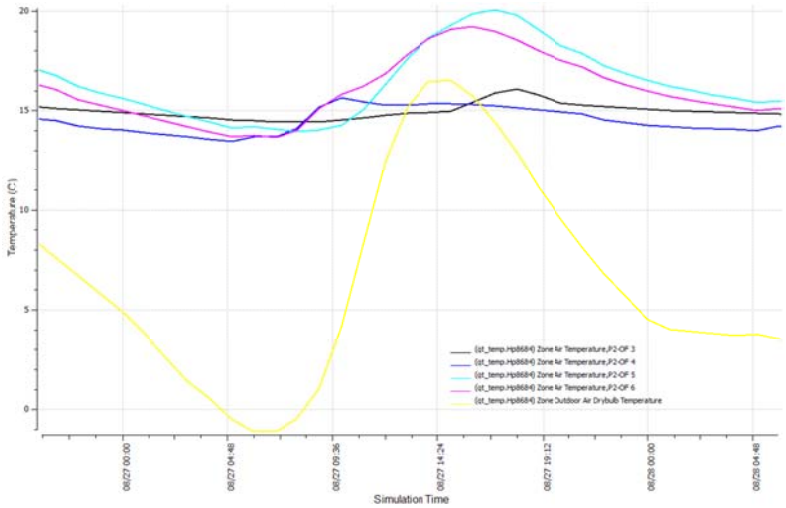


Figura 135. Comportamiento térmico 27 de agosto (con DAC) invierno

En la Figura 135 se selecciona el día 27 de agosto por registrar la temperatura más baja del período con un valor de -1 ° C. Las temperaturas interiores presentan un comportamiento uniforme en horas de la madrugada en un rango de 15.50°C a 17°C. Con los primeros rayos solares las temperaturas aumentan, la oficina 4 llega a 16°C, 20°C la 5 y 19°C la oficina 6. La envolvente tiene un buen desempeño en horas de la madrugada manteniendo las temperaturas interiores alrededor 15° mientras que la mínima exterior es de -1°C.

Análisis resultados último piso sin DAC

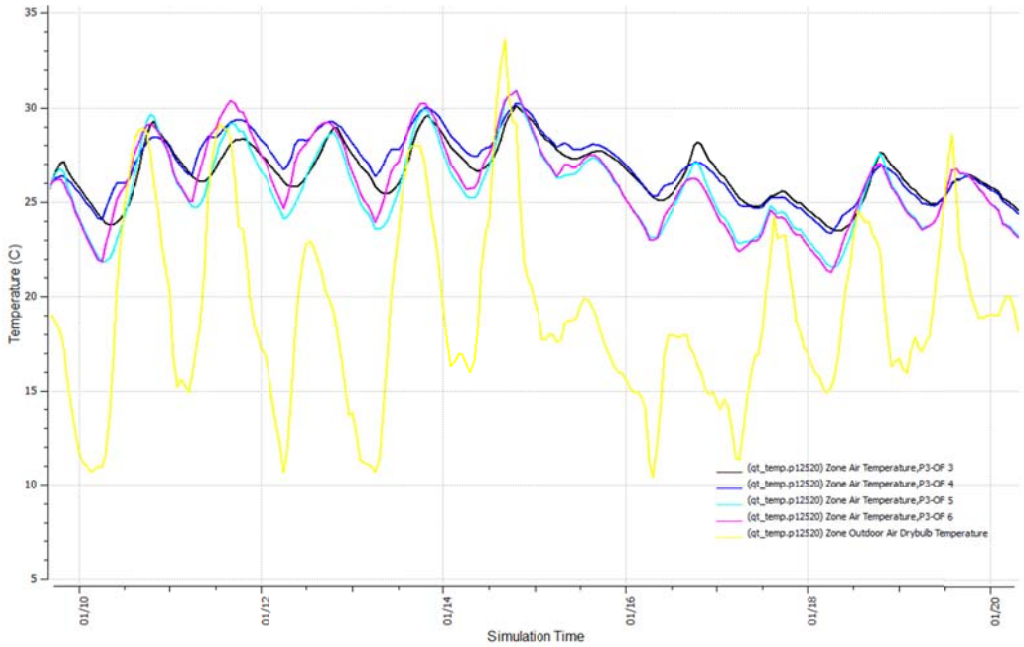


Figura 136. Comportamiento térmico 10 al 20 de enero (sin DAC) verano

En la Figura 136 las temperaturas interiores oscilan entre los 22 °C hasta los 31°C, siendo más altas que las temperaturas exteriores. En algunos puntos las oficinas 3 (oeste) y 4 (este) tienen las temperaturas más altas que las oficinas orientadas al norte.

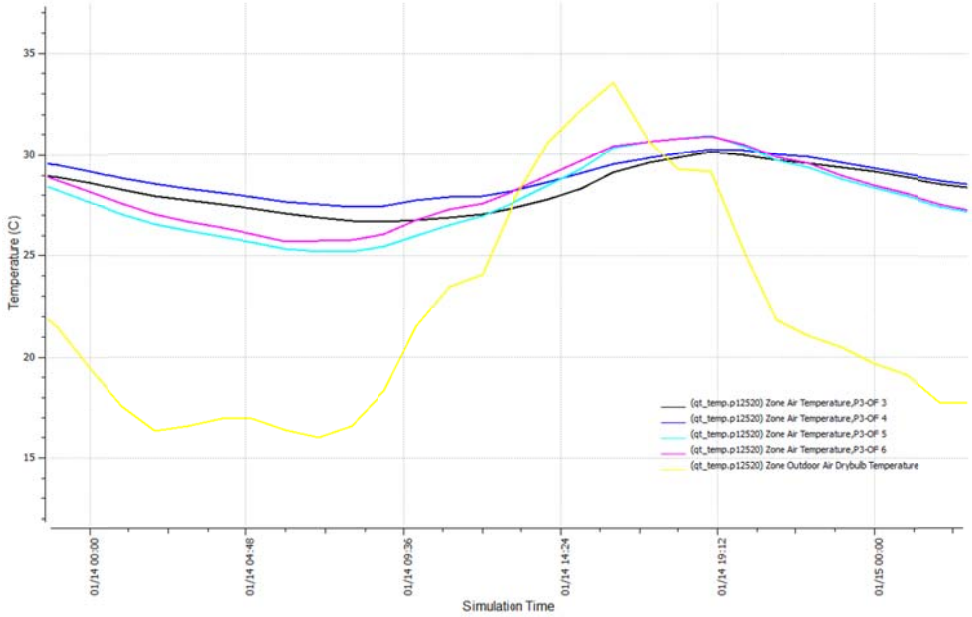


Figura 137. Comportamiento térmico 14 de enero (sin DAC) verano

En la Figura 137 se observa que en las horas de la madrugada las temperaturas interiores oscilan entre 31°C y 26°C y en el exterior se presenta una temperatura de 16°C con una amplitud térmica de 10°C.

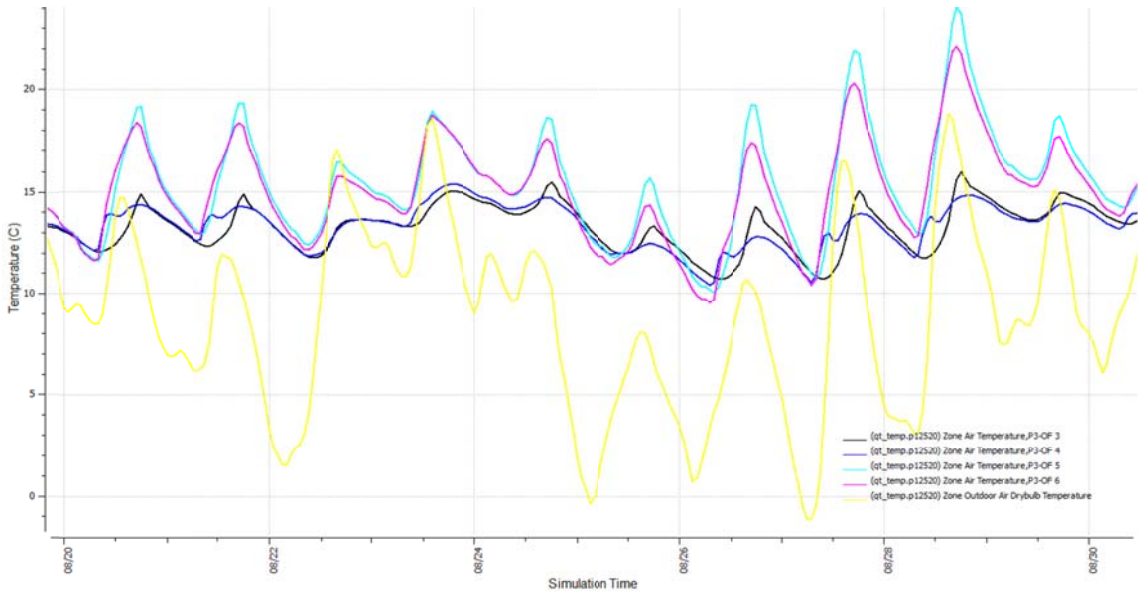


Figura 138. Comportamiento térmico 20 al 30 de agosto (sin DAC) invierno

En la Figura 138 se observa que las temperaturas máximas interiores se presentan en las oficinas 5 y 6 con una máxima de 23.5 °C y con una mínima de 13.5°C. Las oficinas 3 y 4 mantienen temperaturas entre 11°C y 16°C. Las temperaturas exteriores se mantienen por debajo de las temperaturas interiores en horas de la madrugada.

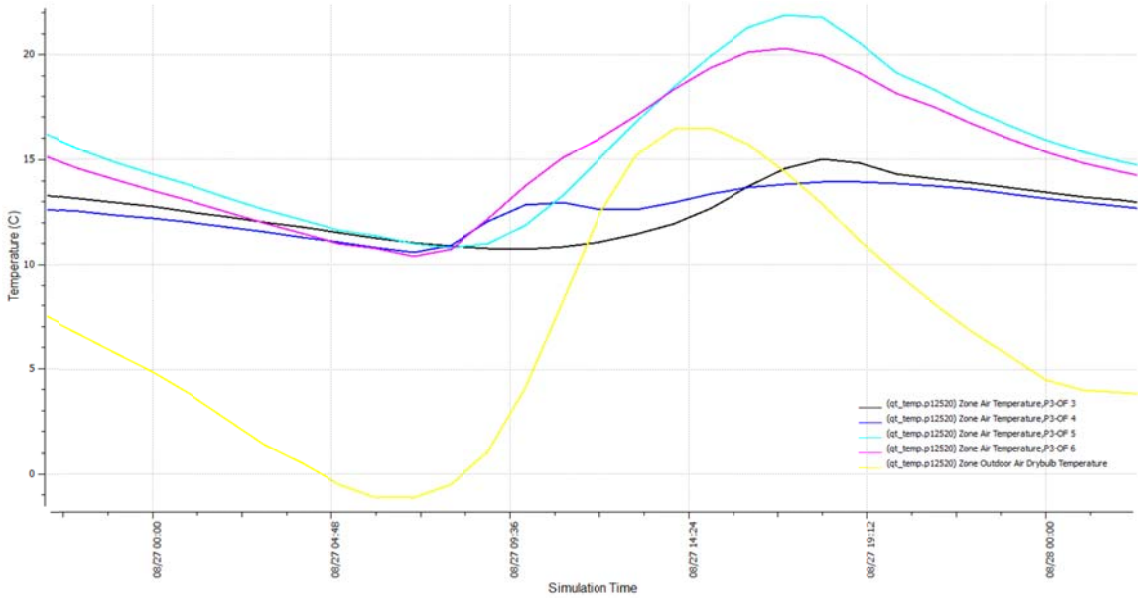


Figura 139. Comportamiento térmico 27 de agosto (sin DAC) invierno

Para el día 27 de agosto, Figura 139 las temperaturas exteriores varían entre -1°C y 15.5°C, mientras que en el interior entre 11°C y 22°C. Con unas horas de desfasaje respecto de la máxima exterior, se alcanzan las máximas interiores en las oficinas 22°C en la 6 y 20°C en la 5; y 14°C y 15°C en la 4 y 3 respectivamente. Por lo tanto las 5 y 6 se hallan en confort en la tarde por influencia de la carga térmica solar continuada.

Análisis resultados último piso con DAC

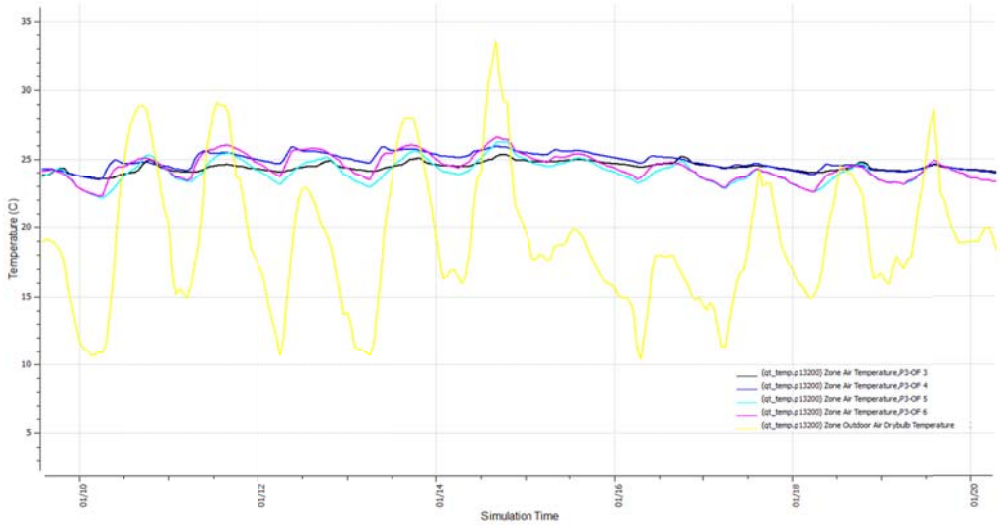


Figura 140. Comportamiento térmico 10 al 20 de enero (con DAC) verano

En la Figura 140, a simple vista en comparación con el caso sin DAC, el comportamiento de todas las oficinas es mucho más uniforme, oscilando entre 23°C y 27°C. En algunos puntos se observan que las temperaturas de la oficina 3 y 4 son más altas que los espacios orientados al norte, a pesar que éstos reciben también radiación del este y oeste.

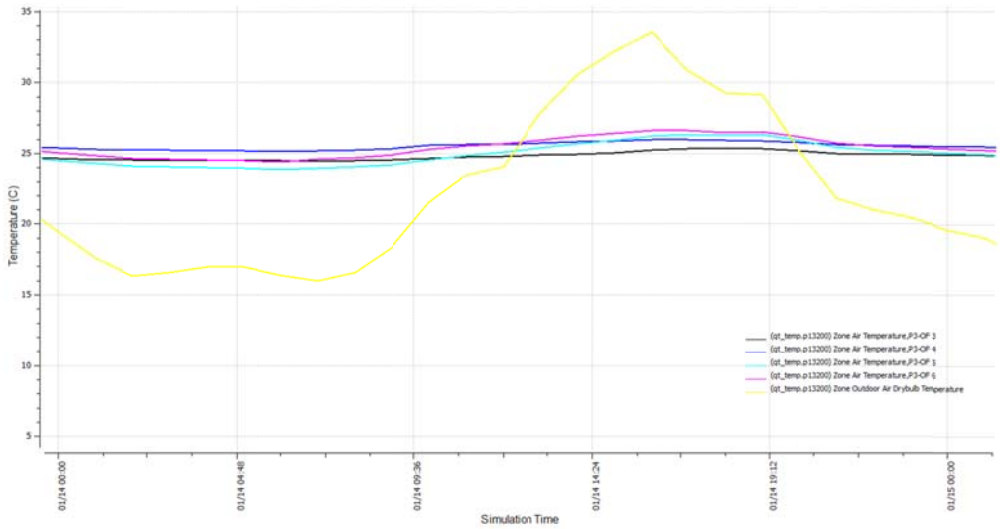


Figura 141. Comportamiento térmico 14 de enero (con DAC) verano

En la Figura 141 se observa que durante el día la amplitud térmica va de 17°C a los 33°C, mientras que en los espacios interiores presentan temperaturas muy uniformes entre los 24.5°C y 26.5°C, lo cual demuestra muy buen comportamiento para el confort.

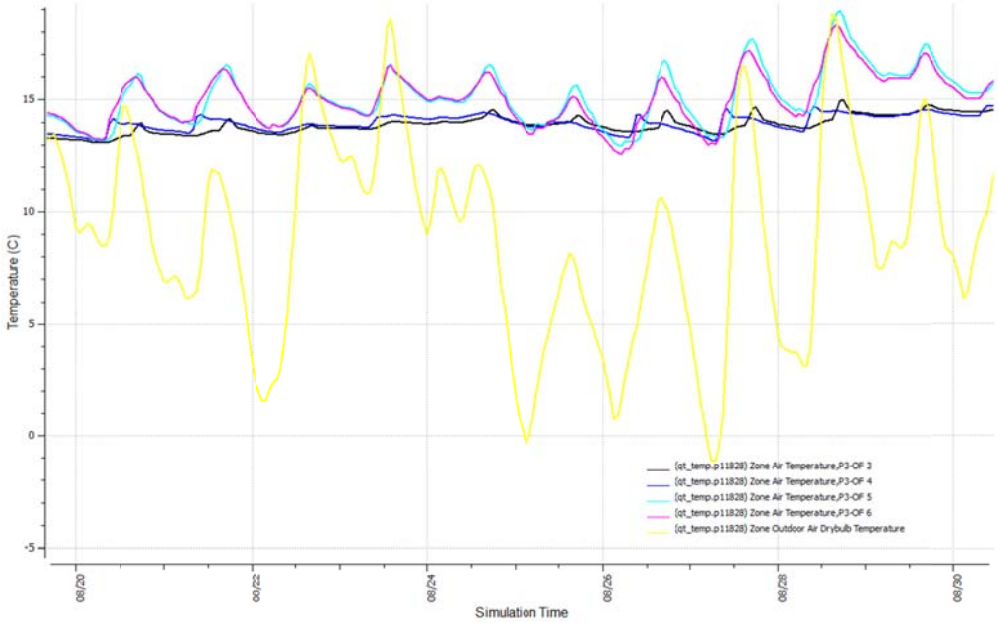


Figura 142.Comportamiento térmico 20 al 30 de agosto (con DAC) invierno

En la Figura 142 se observa que las oficinas 5-6 presentan máximas de 18.5°C con mínimas de 13.5°C mientras que las 3-4 máximas de 15°C y mínimas de 13.5°C. En este caso el comportamiento general de las 3 y 4 es más uniforme, siendo más eficiente en horas de la madrugada ante bajas temperaturas. Se ve afectada en el día por la radiación solar sobre todo en las 5 y 6 con curvas que acompañan las exteriores.

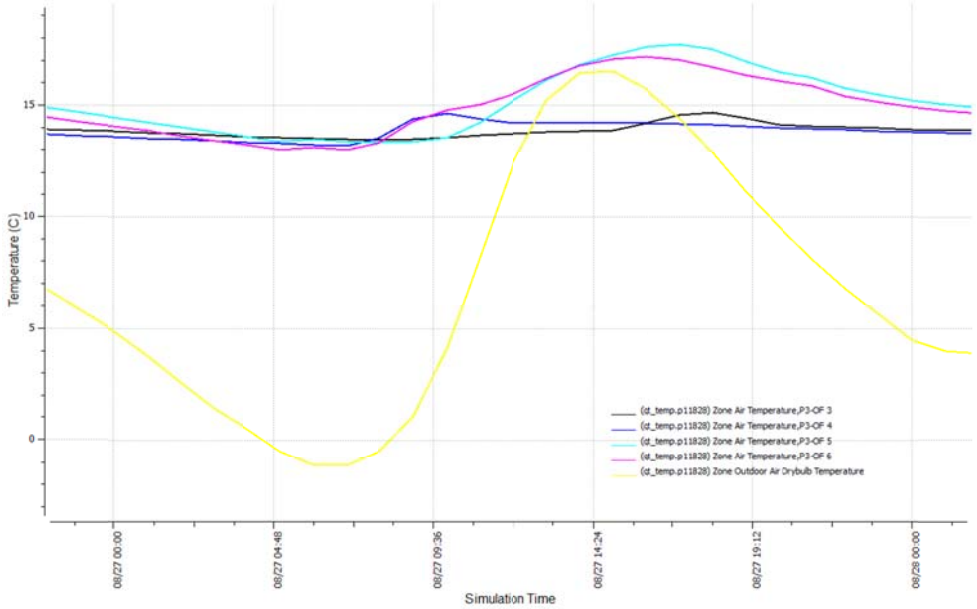


Figura 143. Comportamiento térmico 27 de agosto (con DAC) invierno

Para el día 27 de agosto, en la Figura 143, se presenta una amplitud térmica exterior de 17.5°C (mínima -1°C y máxima 16.5°C) el interior se comporta de muy buena manera pues las temperaturas rondan entre 13.5°C y 18°C.

Discusión

Se observa que las mejoras en la envolvente reducen las amplitudes térmicas del interior de las oficinas. El comportamiento general varía, de acuerdo a sus orientaciones y la mayor o menor de superficie vidriada. En los casos sin DAC las oficinas orientadas al norte (este y oeste) presentan saltos térmicos significativos en comparación con las orientadas solo al este y al oeste. Se observó que en el verano los casos con DAC presentan temperaturas interiores con amplitudes térmicas alrededor de 5°C o menos mientras que sin DAC estos valores alcanzan un promedio de 12°C. En invierno las oficinas sin DAC se comportan de otra manera produciéndose discrepancias de temperaturas de las oficinas 5 y 6 respecto a las 3 y 4. Esta situación se da por el ingreso de la radiación solar en los espacios orientados al norte por medio de sus ventanas y el recorrido solar y los rayos más bajos, por lo cual se replica la oscilación de las temperaturas exteriores con las interiores. Esta situación favorece el ingreso del calor que, sumado a las cargas internas de las personas, equipamiento e iluminación ayudarían a disminuir la carga de calefacción para la época invernal, incluso alcanzando el confort térmico solo en esa situación. Debería analizarse el caso de oficinas orientadas puramente al norte. En el caso del invierno con DAC en los pisos intermedios de 19°C a 8°C y en el último piso de 12.5°C a 4.5°C, en este caso el resultado se origina por la eficiencia térmica de la cubierta diseñada que provee de una excelente aislación a las oficinas localizadas en el último piso.

Verano		
Comportamiento térmico pisos intermedios	**Sin DAC**	**Con DAC**
	Temperaturas interiores entre 18 °C a 33°C	Temperaturas interiores entre 21.5 °C a 26.5°C
	Oficinas esquineras 5 y 6 presentan altas temperaturas siendo afectadas por la temperatura exterior y radiación solar	El comportamiento térmico interior es homogéneo, independiente de las temperaturas exteriores
Comportamiento térmico último piso	**Sin DAC**	**Con DAC**
	Temperaturas interiores entre 22 °C a 31°C	Temperaturas interiores entre 23 °C a 27°C
	Diferencias de temperaturas entre las oficinas 5 y 6 (esquineras) con la oficinas 3 y 4	El comportamiento térmico interior es homogéneo, independiente de las temperaturas exteriores
Invierno		
Comportamiento térmico pisos intermedios	**Sin DAC**	**Con DAC**
	Temperaturas interiores entre 9 °C a 28°C	Temperaturas interiores entre 13 °C a 21°C
	Oficinas 5 y 6 temperaturas entre 19°C a 28°C , Oficinas 3 y 4 temperaturas entre 16 °C a 18°C	Oficinas 5 y 6 temperaturas entre 13°C a 21°C , Oficinas 3 y 4 temperaturas entre 13 °C a 16°C
Comportamiento térmico último piso	**Sin DAC**	**Con DAC**
	Temperaturas interiores entre 11°C a 23.5°C	Temperaturas interiores entre 13.5°C a 18°C
	Oficinas 5 y 6 temperaturas entre 13.5°C a 23.5°C , Oficinas 3 y 4 temperaturas entre 11 °C a 16°C	Oficinas 5 y 6 temperaturas entre 13.5°C a 18°C , Oficinas 3 y 4 temperaturas entre 13.5 °C a 15°C

Tabla 46 Resumen de resultados simulación energética

En estas simulaciones se puede observar las mejoras en el comportamiento térmico de la envolvente en los casos con DAC. En verano estas mejoras se reflejan en la disminución de las temperaturas interiores. Al inicio de este trabajo se indicó que en las simulaciones no fueron consideradas las cargas internas por ocupación las cuales, según los resultados del cálculo de refrigeración, son una fuente de calor importante que incrementará los valores de las temperaturas interiores.

Queda pendiente la simulación con la incorporación de las demás variables, como personas, equipamiento e iluminación, para observar esos incrementos mencionados y también la situación de las orientadas puramente al norte y las del sur.

ANÁLISIS TENDIENTE A UNA CERTIFICACIÓN

Análisis para la certificación de la norma IRAM 11900

Se realizó el análisis para la norma IRAM 11900 de etiquetado energético, del nivel de eficiencia en el comportamiento de la vivienda para calefacción según las características de envolvente. Esta norma fue requerida desde la Secretaria de Energía de La Nación, y será un requisito para aprobar la solicitud del servicio de gas natural por red.

El etiquetado se define en 8 niveles (Tabla 47) y considera la transmitancia térmica de techos y muros, con un k medio ponderado, y por otro lado acorde a las condiciones climáticas del lugar para un nivel de confort interior de 20°C, tomando la caída de temperatura relacionando el exterior e interior, con un T medio ponderado. De esta manera se relacionan, la temperatura de diseño mínimas del sitio, las características constructivas, con el confort interior para invierno y la demanda de energía necesaria para alcanzarlo. En primer término se evalúa la condición del modelo original.

Etiqueta	Condicion
A	tm = 1 °C
B	1 °C < tm = 1,5 °C
C	1,5 °C < tm = 2 °C
D	2 °C < tm = 2,5 °C
E	2,5 °C < tm = 3 °C
F	3 °C < tm = 3,5 °C
G	3,5 °C < tm = 4 °C
H	tm > 4 °C

Tabla 47. Niveles de etiquetado

ETIQUETADO ENERGÉTICO DE EDIFICIOS (Proyecto IRAM 11900)						Modelo original	
Ubicación							
Provincia	Buenos Aires		Latitud	Tint [°C]	TDMN [°C]	Zona Bioam	
Localidad	Mar del Plata		-35	20	-4.4	Ivd	
Profesional:	Arq. Carbonell						
Comitente	Aurora						
Dirección							
Techos				Dt = Tint – TMND + 8 °C	y	τi = 0,13 . Ki . Dt.P%	
Elemento	Descripción	Superficie m2	Ki W/m2K	Δ t °C	τi °C	τ i techos °C	Kp W/m2K
1	Losa HA sin aislación	1491.82	1.90	32.40	6.16	1.12	0.34
2							
	Total	1491.82			τ techos	1.12	0.34
Muros, piso, ventana y puerta en contacto con aire exterior				Dt = Tint – TMND	y	τi = 0,13 . Ki . Dt.P%	
Elemento	Descripción	Superficie m2	Ki W/m2K	Δ t °C	τi °C	τ i exp °C	Kp W/m2K
1	Aberturas DVH	2958.82	5.80	24.40	18.40	6.62	2.09
2	Muro doble	2283.84	1.59	24.40	5.04	1.40	0.44
3	entrepiso aislado	579.79	0.72	24.40	2.28	0.16	0.05
4							
	Total	5822.45			τ cerr exp	8.18	2.58
Muros, piso, y otros en contacto con ambientes no calefaccionados				Dt =(Tint – TMND)/2	y	τi = 0,13 . Ki . Dt.P%	
Elemento	Descripción	Superficie m2	Ki W/m2K	Δ t °C	τi °C	τ i exp °C	Kp W/m2K
1	piso inf. Subsuelo	912.03	0.72	12.20	1.14	0.13	0.08
2							
	Total	912.03			τ cerr prot	0.13	0.08

Superficie envolvente total	8226.3	m2	τ medio ponderado	9.42	°C
Superficie cubierta total	14643.9	m2	K medio ponderado	3.00	W/m2.K

Tabla 48. Planilla de cálculo etiquetado energético para el modelo original.

En este caso resulta un valor medio ponderado de temperatura de 9.42°C y k ponderado 3W/m².k. El valor de temperatura se ubica ampliamente fuera del rango H. Se observa que las aberturas representan el índice de mayores pérdidas diferencias de temperatura interior-exterior.

ETIQUETADO ENERGÉTICO DE EDIFICIOS (Proyecto IRAM 11900)						Modelo mejorado	
Ubicación							
Provincia	Buenos Aires		Latitud	Tint [°C]	TDMN [°C]	Zona Bioam	
Localidad	Mar del Plata		-35	20	-4.4	Ivd	
Profesional:	Arq. Carbonell						
Comitente	Aurora						
Dirección							
Techos				Dt = Tint – TMND + 8 °C		y τi = 0,13 . Ki . Dt.P%	
Elemento	Descripción	Superficie m2	Ki W/m2K	Δ t °C	τi °C	τ i techos °C	Kp W/m2K
1	Losa HA con aislación	1491.82	0.27	32.40	0.87	0.16	0.05
2							
	Total	1491.82			τ techos	0.16	0.05
Muros, piso, ventana y puerta en contacto con aire exterior				Dt = Tint – TMND		y τi = 0,13 . Ki . Dt.P%	
Elemento	Descripción	Superficie m2	Ki W/m2K	Δ t °C	τi °C	τ i exp °C	Kp W/m2K
1	Aberturas DVH	2958.82	1.86	24.40	5.90	2.12	0.67
2	Muro doble	2283.84	0.51	24.40	1.62	0.45	0.14
3	entrepiso aislado	579.79	0.41	24.40	1.30	0.09	0.03
4							
	Total	5822.45			τ cerr exp	2.66	0.84
Muros, piso, y otros en contacto con ambientes no calefaccionados				Dt =(Tint – TMND)/2		y τi = 0,13 . Ki . Dt.P%	
Elemento	Descripción	Superficie m2	Ki W/m2K	Δ t °C	τi °C	τ i exp °C	Kp W/m2K
1	piso inf. Subsuelo	912.03	0.41	12.20	0.65	0.07	0.05
2							
	Total	912.03			τ cerr prot	0.07	0.05

Superficie envolvente total	8226.3	m2	τ medio ponderado	2.89	°C
Superficie cubierta total	14643.9	m2	K medio ponderado	0.93	W/m2.K

Tabla 49 Planilla de cálculo etiquetado energético para el modelo mejorado.

En este caso resulta un valor medio ponderado de temperatura de 2.89° C y k ponderado 0.93 W/m².k. El valor de temperatura se ubica en el rango E del etiquetado, por lo cual puede decirse que es aceptable, notablemente ha disminuido respecto a la versión original de la envolvente. A continuación se muestran las etiquetas correspondientes.

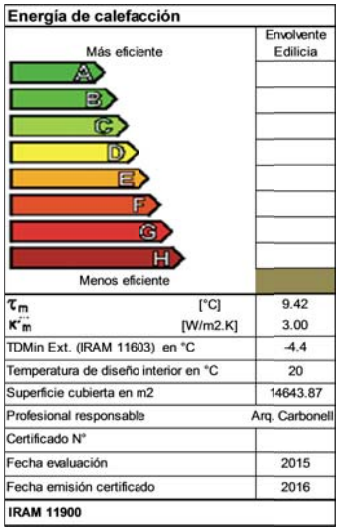


Tabla 50. Etiqueta certificado del nivel de energía necesaria (V2)

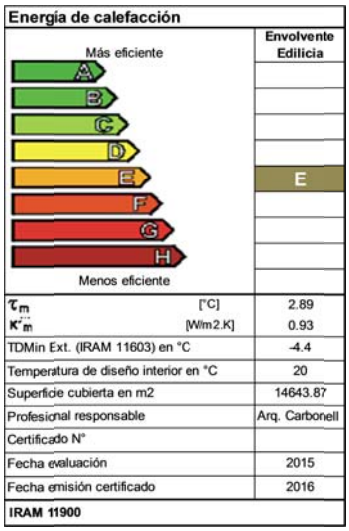


Tabla 51. Etiqueta certificado del nivel de energía necesaria (V3)

Según lo mencionado al principio respecto del etiquetado, se desprende que, cuanta más resistencia térmica tengan los componentes del cerramiento, mejor será el desempeño del edificio para mantener el confort interior y por lo tanto se reducirán las cargas térmicas de calefacción. En este documento solo es posible intervenir en el tipo y superficies de cerramientos por lo que pasa a comprobar la eficacia de los mismos.

CONCLUSIONES

Por lo general los proyectos arquitectónicos con grandes dimensiones son solicitados por importantes grupos inmobiliarios a las oficinas arquitectura para su diseño, el cual en muchos casos resultan ser edificios convencionales con comportamientos térmicos ineficientes. En la mayoría de los países europeos existen certificaciones energéticas obligatorias que deben de cumplir las edificaciones, es decir un edificio nuevo será eficiente, no existe la opción de proyectarlo y construirlo sin estas características. Los panoramas son diferentes en otras latitudes, hay muchos países que recién están empezando a implementar políticas de eficiencia en las edificaciones y en otros el tema está más adelantando. En el caso de Argentina existen normas de eficiencia energética que no se cumplen a pesar de existir la ley 13059 de Acondicionamiento Térmico en la construcción de edificios para la provincia de Buenos Aires. Se refleja públicamente muchas edificaciones en etapa de construcción se siguen construyendo de manera de tradicional las envolventes sin ningún tipo de aislación que no cumple con las normativas. Una edificación energéticamente eficiente requiere de mayores costos y lamentablemente las políticas de negocios e inversiones apuntan a un mayor ahorro en la ejecución de los proyectos para una mayor ganancia. En mi experiencia profesional en Guayaquil, en la cual tuve la oportunidad de trabajar en la coordinación de especialidades y coordinación en obra de grandes edificios de oficina, la primera vez que el comitente preguntó a los especialistas de aire acondicionado e ingeniería eléctrica de cómo ahorrar energía, fue cuando el gobierno nacional subió los costos de la electricidad. El especialista eléctrico explicó los métodos que se podrían utilizar para ahorrar y después cuando mencionó el porcentaje de aumento en el presupuesto general del rubro eléctrico el tema fue descartado por los inversionistas.

Como se mencionó en el inicio del trabajo una de las premisas era de conservar el diseño original en plantas y la implantación, para realizar un mejoramiento energético con estas limitaciones. Fue muy interesante realizar este ejercicio teórico de un edificio 14.644 m², el cual fue revelador conocer mediante los resultados de los cálculos de la gran cantidad de recursos necesarios en agua, calefacción, refrigeración para el funcionamiento de una edificación con estas características, que por medio de la utilización de estrategias pasivas y activas se produce un ahorro significativo de energía. El proyecto con DAC disminuyó un 37% la carga de calefacción y la carga de refrigeración se redujo en un 62.5%. La envolvente mejorada del proyecto cumple con todas las normas de acondicionamiento térmico de edificios, G admisible, y el etiquetado resulta un nivel E, que en el proyecto original estaba fuera del rango H.

Con todos los resultados finalizamos con el cálculo de refrigeración, para lo cual no se disponían de valores para el coeficiente volumétrico de refrigeración admisible y la carga térmica con los cuales poder verificar, ya que el caso de estudio supera los 10.000 m³ (norma IRAM 11659). Se tomó como base el trabajo de MB. Salvetti, se realizó una interpolación gráfica para obtener los valores y se comprobó que el cálculo de refrigeración no verifica. La radiación solar y las cargas internas proveen de mucho calor al edificio aumentando la demanda de refrigeración aún con el cumplimiento de las trasmitancias térmicas de la envolvente, situación que se ajusta a lo que menciona la norma IRAM 11601 "los métodos de cálculo no tienen en cuenta ni las infiltraciones de aire a través de los elementos, ni la radiación solar sobre las superficies o través de los elementos transparentes". Fue algo revelador que el proyecto no verifique a pesar de haber cumplido previamente con todas las normas. Posteriormente se mejoró aún más la envolvente con ventanas altamente eficientes y más ajustes pero no se llegada al coeficiente admisible.

Con estos resultados se llegó a la conclusión que al no existir una norma de Ahorro de Energía en Refrigeración para edificios de oficinas no se disponen de datos certeros para el análisis energético para este tipo de edificaciones. Cómo se mencionó anteriormente se tomó como referencia un trabajo de investigación en el cual se sugieren valores de la carga térmica de refrigeración y para el coeficiente volumétrico admisible para edificios de oficinas hasta 10000 m³.Los valores sugeridos son difíciles de verificar para este caso, por las dimensiones del proyecto o por los valores que

quizás requieran un revisión de acuerdo a los nuevos usos y dimensiones de los edificios de oficinas actuales. Se debe seguir investigando y elaborar una norma IRAM para edificios de oficinas considerando valores para la carga térmica de refrigeración y coeficientes volumétricos de refrigeración admisibles para proyectos que sobrepasen los 10.000 m³ como el caso presentado en este trabajo.

Quiero hacer un punto aparte y mencionar el actual panorama mundial con la disminución de los precios del petróleo, esta situación afecta a dos partes: Las economías de los países emergentes como en mi país Ecuador que dependen casi en su totalidad de este rubro y otros países que por su bajo valor siguen utilizando combustibles fósiles para generación de energía. ¿De qué manera esta situación afecta al desarrollo de la arquitectura más sustentable? Yo pienso que en los países emergentes al tener menos dinero la economía se retrae y los gobiernos quitaran subsidios de la energía para colocar ese dinero en otras dependencias. Estoy segura que muchas personas buscaran maneras de ahorrar dinero en su vida cotidiana y una de ellas será el de pagar menos dinero en las cuentas de energía. Es ahí en la cual veo la oportunidad de crear la necesidad de prestar un servicio para mejoramiento energético para este sector de la ciudadanía en mi país. Para algunos la necesidad de ser sustentable será por ahorrar dinero, para otros será un tema más relevante….el deseo de dejar un mundo mejor para las próximas generaciones.

BIBLIOGRAFIA

Czajkowski Jorge, Gómez Analía (2011) Cuadernos de Arquitectura Sustentable. 1ª edición. Dunken, Buenos Aires.

Edwards, Brian (2008) Guía Básica de la sostenibilidad. 2°ed. Gustavo Gili, Barcelona.

Evans Martin y Schiller, Silvia (1994) Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar. 3ª edición, Serie Ediciones Previas. Ediciones FADU, Universidad de Buenos Aires.

Gonzalo, Guillermo (2003) Manual de Arquitectura Bioclimática. (2008)Un Vitruvio ecológico Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible. 1° edición. Barcelona: Gustavo Gili.

Morillón Galvez, David (2009) Atlas de la Ventilación para la República Mexicana .Potencial para ahorrar energía en la climatización de edificios. Instituto de Ingeniería, UNAM.

Patinni, Andrea (2009) La luz natural en las escuelas. Aprovechamiento y control de la luz solar en aulas. Ed DUNKEN, Buenos Aires.

Yarke, Eduardo (2005) Ventilación natural de edificios: fundamentos y métodos de cálculo para aplicación de ingenieros y arquitectos. Nobuko, Buenos Aires.

Normas

IRAM 11601(2002) Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. IRAM. Buenos Aires.

IRAM 11603(2011) Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. IRAM. Buenos Aires.

IRAM 11604(1990) Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites .IRAM. Buenos Aires

IRAM 11605(1996) Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad. IRAM. Buenos Aires.

IRAM 11605(1996) Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad. IRAM. Buenos Aires.

IRAM 11625(2000) Aislamiento térmico de edificios. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificaciones en general. IRAM. Buenos Aires.

IRAM 11630(2000) Aislamiento térmico de edificios. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificaciones en general. IRAM. Buenos Aires.

IRAM 11659-1(2004) Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Vocabulario, tablas y datos para determinar la carga térmica de refrigeración. IRAM. Buenos Aires.

IRAM 11659-2(2007) Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Viviendas. IRAM. Buenos Aires.

IRAM 11900(200) Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Viviendas. IRAM. Buenos Aires.

Documentos y artículos publicados

ASHRAE (2011) Advanced energy design guide for small and medium office buildings. Achieving 50% energy savings toward a net zero energy building.USA

Asociación de empresas de eficiencia energética: Consumos, medidas y potenciales ahorros en edificios.

Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono- Dos maneras de medir el Impacto Ambiental de un Producto; Departamento de Medioambiente, Planificación Territorial , Agricultura y Pesca- Gobierno Vasco, 2010.

Cambio climático: La Costa Atlántica, en zona de riesgo- Sección Medioambiente, Diario CLARIN, Noviembre 2011.

Comité español de iluminación- Ministerio de Ciencia y tecnología - Instituto de la diversificación y ahorro de la energía: Guía técnica de eficiencia energética en iluminación. Madrid, 2001.

Consejería de economía y Hacienda: Guía de auditoría energética en edificios de oficinas en la comunidad de Madrid.

Consejo empresario Argentino para el Desarrollo sostenible, 2012. Escenarios de emisión de gases de efecto invernadero-Argentina.

Datos estadísticos de la United Nations Statistics Division http://unstats.un.org/unsd/ENVIRONMENT/air_so2_emissions.htm

Dayna Yocum: Manual de diseño- humedal construido para el tratamiento de las aguas grises por infiltración. Escuela de ciencia y administración ambiental, Universidad de California, Santa Bárbara, 2006.

De Dear, R; Brager, Gail; Cooper, D: Developing and adaptative model of thermal comfort and preference, ASHRAE RP884, USA, Australia, 1997.

Durán, Guillermo: Utilización del agua de lluvia. Agua sustentable y Eficiencia energética. 1°ed. CABA, 2014.

Estadísticas del Servicio Meteorológico Nacional – Período 1991-200, Argentina.

Guridi, I. y Vivar, J: Propuesta de mejora de la calidad del efluente pluvial en la cuenca La Perla en la ciudad de Mar del Plata. Proyecto final de la carrera de ingeniería, Universidad Fasta, 2013.

IPCC: Glosario de la Síntesis del IV Informe sobre Cambio Climático, 2007.

Kim, Jong-Jin and Rigdon, Brenda: Introduction to Sustainable Design, Ed National Pollution Prevention for Higher Education, U. Michigan, 1998.

Salvetti, B.; Czajkowski, J. Gómez, A.: Ahorro de energía en refrigeración de edificios para oficinas, propuesta de indicadores de eficiencia y valores admisibles. ASADES, 2010.

Schnack, Enrique y Piola, Alberto: Impacto del Cambio Climático en la Costa y Mar Argentino-Capítulo 4; Foro de la Cadena Agroindustrial Argentina- Una agenda compartida para el desarrollo sustentable.

Serrano Broutin, Helena (2011) Tesina sustentabilidad y Salud-Beneficios de la arquitectura sostenible para la salud. Universidad Politécnica de Cataluña.

Solarge: Energía solar térmica para grandes edificios. Pautas y ejemplos prácticos para viviendas, hoteles, edificios públicos y sociales, España ,2005.

Superintendencia de servicios sanitarios: Manual para el hogar. Serie del consumo responsable, Chile, 2011.

REFERENCIAS

[i]Síntesis del IV Informe sobre Cambio Climático, IPCC 2007.

[ii]Nota publicada Diario La Nación: *Los gases de efecto invernadero en niveles records,* Buenos Aires, 21 Noviembre 2012.

[iii]http://climate.nasa.gov/evidence/

[iv] Las nuevas cifras confirman que China ha superado a los EE.UU. como el mayor emisor de CO_2. Este mapa emisiones interactivo muestra cómo el resto del mundo se compara. Las emisiones globales de $C0_2$ totalizaron 29,195m de toneladas en 2006 - un 2,4 % respecto a 2005. Disponible en http://www.theguardian.com/global/interactive/2008/dec/09/climatechange-carbonemissions

[v] Información obtenida del WIKIPEDIA https://es.wikipedia.org/wiki/Mar_del_Plata

[vi] Datos obtenidos de la Norma IRAM 11603 actualizada 2011.

[vii]SEE : síndrome del edificio enfermo , concepto tratado por Levin,Hal: Bestsustainableindoorqualitypractices in comercial buildings, Environmentalbuilding News, 1996 La Organización Mundial de la Salud lo ha definido como un conjunto de enfermedades originadas o estimuladas por la contaminación del aire en estos espacios cerrados.

[viii]Serrano Broutin, Helena: Tesina sustentabilidad y Salud-Beneficios de la arquitectura sostenible para la salud. Universitat Politécnica de Catalunya, 2011.

[ix] Se presenta en las grandes ciudades y consiste en la dificultad de la disipación del calor durante las horas nocturnas, cuando las áreas no urbanas, se enfrían notablemente por la falta de acumulación de calor. El centro urbano, donde los edificios y el asfalto desprenden por la noche el calor acumulado durante el día, provoca vientos locales desde el exterior hacia el interior. Comúnmente se da el fenómeno de elevación de la temperatura en zonas urbanas densamente construidas causado por una combinación de factores tales como la edificación, la falta de espacios verdes, los gases contaminantes o la generación de calor. Se ha observado que el fenómeno de la isla de calor aumenta con el tamaño de la ciudad y que es directamente proporcional al tamaño de la mancha urbana. Fuente: Wikipediahttps://es.wikipedia.org/wiki/Isla_de_calor

x Ley 19587/ 72 de Higiene y Seguridad en el Trabajo. BO(28/04/1972).

xi ASHRAE (Sociedad Americana de los Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado) la Norma ASHRAE 55 especifica las condiciones para 55 ambientes térmicos aceptables y está diseñado para su uso en el diseño, operación y puesta en marcha de edificios y otros espacios ocupados. La edición de 2013 está actualizada con incorporaciones como la mencionada respecto al

xii Sociedad latinoamericana de facility management, disponible en http:// slfm.org

xiii Asesoramiento página http://nergiza.com/que-es-un-sistema-de-climatizacion-aire-agua/

xiv Edwards, Brian (2013) Guía básica de la sostenibilidad, segunda edición, Barcelona. Gustavo Gili

xv Se estima para cálculo de tanque de agua en oficinas demanda diaria inodoros entre 200 y 100lts, 100 y 80lts para mingitorios y 80y 60 lts en lavatorios, según sea con 1 o 2 bombas, agua directa la demanda es mayor. Fuente: SOMARUGA : Obras sanitarias domiciliarias.

xvi AYSA Aguas y Saneamiento Argentinos. Empresa encargada del saneamiento de la Provincia de Buenos Aires

xviihttp://www.monografias.com/trabajos-pdf5/tratamiento-aguas-residuales-domesticas-buenos-aires/tratamiento-aguas-residuales-domesticas-buenos-aires2.shtml#ixzz3qUGe8cqo

xviii Iluminancia o nivel de iluminación (lux) = cantidad de luz que incide sobre una superficie por unidad de área (1 lux = 1 lumen/m2)

xix Índice de reproducción cromática (Ra): define la capacidad de una fuente de luz para reproducir el color de los objetos que ilumina.

xx Temperatura de color (K) = mide la apariencia subjetiva del color de una fuente de luz. Se distingue entre Luz Cálida: T < 3.300 K; Luz Neutra: 3.300 K < T < 5.300 K; Luz Fría T: > 5.300 K

xxi Datos obtenidos de la pagina http://www.mardelplata.gob.ar/Contenido/reservas-naturales-y-forestales

xxii Concepto de xerojardines o jardines secos , datos obtenidos de www.consumo responsable.org