

Ingeniería Energética General

Ahorro Energético Integral

Aplicado a Edificaciones Soluciones para la Construcción y la Remodelación

Edificios_Factores Comunes

Resumen

El documento muestra como los factores atmosféricos, geográficos, climáticos, sensoriales, y las decisiones tomadas sobre los criterios a seguir para el confort de los interiores o locales climatizados, influyen en el consumo de energía de los sistemas que forman parte de la estructura energética de un edificio, independientemente de que los sistemas, equipos y materiales hayan sido seleccionados correctamente y con la mayor eficiencia energética de operación.

Brevemente se ha explicado como influye la orientación del edificio, las temperatura y humedad relativa ambiente, la ubicación geográfica sobre la radiación incidente, los obstáculos o sombras cercanas a la construcción, los criterios de confort de los locales climatizados y se ha mencionado posibles soluciones para armonizar estos factores externos con los sistemas energéticos que se seleccionen, todo en función de alcanzar la eficiencia y sostenibilidad energética del edificio.

A la vez se aplican estos criterios a la instalación de captadores solares, su ubicación, orientación y ángulo de inclinación, mostrando un ejemplo para una Latitud de 41.3º y la relación que tiene con la eficiencia de captación. Se demuestra como se puede medir la Severidad Climática y su relación con las exigencias energéticas a cumplir.

Es propuesto un orden para el análisis de estos Factores a la hora de enfrentarse a una aplicación determinada, brindándole al ingeniero proyectista e instalador los elementos para el manejo de estas herramientas, alertarlos en cuanto al impacto que tienen sobre la operación posterior del edificio, de forma que puedan actuar durante el proceso de localización y orientación del Edificio, la selección de los materiales y equipos que consumirán energía, orientar adecuadamente los locales y colocar inteligentemente los equipos captadores solares o que requieran disipar calor al exterior, todo sin impactar negativamente las edificaciones y áreas colindantes. Finalmente, ejemplifica como la legislación vigente en España ayuda a que se cumpla con buenas prácticas energéticas, estableciendo regulaciones y la política a seguir, en concordancia con la del resto de los países europeos.

el Autor:

René Ruano es director y fundador de Ingeniería Energética General, tiene más de 30 años de experiencia en la realización de proyectos de Ahorro Energético y de Energías Renovables.

René Ruano is Manager and founder of General Energetic Engineering with more than 30 years making Save Energy and Renewable Energy Project.

Cap. o Epígrafe	Tema	Página
	Resumen	2
	Índice	3
1	Introducción	4
2	Factores atmosféricos, geográficos, climáticos y el entorno donde realizamos la aplicación.	5
2.1	Temperatura ambiente	7
2.2	La humedad relativa	7
2.3	Radiación Solar	8
2.4	Trayectoria Solar	8
2.5	Diagrama de Sombras	9
3	Severidad Climática, Zonas Climáticas y su efecto en el rigor del diseño energético.	11
3.1	Humedad relativa y las condensaciones superficiales	14
3.2	Radiación Solar sobre la Tierra y su trayectoria solar	16
4	Confort y su influencia en los sistemas energéticos de los Edificios.	18
4.1	Reglamento de las Instalaciones Técnicas Energéticas Español	21
5	Conclusiones	23
6	Recomendaciones	23
7	Bibliografía	24

ÍNDICE

Factores comunes externos que determinan sobre el consumo de los Sistemas Energéticos de los Edificios.

1 Introducción

Los conocimientos y experiencias que sobre la Ingeniería Energética General expondremos en este Instructivo están relacionados con los factores que hemos llamado o clasificados como externos y que determinan en un grado importante sobre la eficiencia energética y el posterior resultado de la operación de la edificación, y que son independientes de la calidad y eficiencia de los sistemas, equipos, y materiales que se seleccionen y empleen para el diseño o modernización de la edificación y de su posterior operación y buenas prácticas de empleo.

El enfoque empleado en este trabajo y en general el que aprendimos desde nuestros inicios como energético, cuando aún no se discutía ni se había probado las implicaciones negativas que el uso indiscriminado de la energía fósil tiene sobre el medio ambiente, es aplicar el concepto de **Eficiencia (o Ahorro) Energética Integral** y beneficiarnos del efecto dual del mismo, que no es otra cosa que la reducción de la factura energética de energías fósiles (reducción del costo) y de forma inducida la disminución de las emisiones de dióxido de carbono y vapor de agua al medio ambiente, generados por los gases de la combustión de los hidrocarburos al quemarse, (los que junto a otros integran el grupo de los Gases Efecto invernadero o GHG) que contaminan la atmósfera y causan el temido, presente y en amplio crecimiento "efecto invernadero"

No está de más volver a mencionar que esta acumulación de gases, vapor de agua en la atmósfera terrestre forman una capa densa que impide el escape al espacio exterior de las radiaciones calóricas que el planeta refleja. Entonces al ser nuevamente devueltas a la Tierra, se eleva la temperatura ambiente. El asunto es que mientras más densa o concentrada sea la capa de GHG, más radiaciones se devuelven y más nos recalentamos. ¿Pero como hacemos para disminuir la concentración de hoy en la atmósfera de los GHG?

Es una pregunta sin respuesta, hasta hoy solo podemos reducir el crecimiento, pero actuaríamos atenuando el incremento de la concentración de GHG de hoy, se trata de crecer mas o menos en la medida que actuemos mas o menos. Disminuir los niveles de concentración actuales de GHG, hasta hoy no se ha encontrado el modelo para llevarlo a la práctica.

Dentro del término **Integral**, que es muy abarcador, nos referimos a que existen **diversos factores comunes y que son complementarios** a nuestra especialidad, que siempre están acompañándonos en todas y cada una de las aplicaciones que realizamos, formados por conocimientos de diversas ramas de la Ciencia y la Técnica que se entrelazan y funden con nuestra especialidad y determinan en la correcta aplicación del Uso de la Energía. Estos factores son herramientas imprescindibles para el Ingeniero Energético General. Para no dejar sin ejemplificar a que me refiero, mocionare algunos ejemplos.

- ✚ Conocer sobre la Trayectoria Solar, la posición del Sol y la proyección de las Sombras.
- ✚ Tener en cuenta la ubicación geográfica de un edificio, o de un captador solar, o de una unidad Condensadora Exterior.
- ✚ El hábito de gustos personales y confort de determinado segmento de la población.
- ✚ El entorno donde instalamos el sistema, equipo o material, el ambiente que lo circunda, parámetros de humedad, temperatura, contaminación ambiental, radiación calórica, velocidad del aire.

Resumiendo estos factores comunes a todas las aplicaciones y principalmente a Edificios, los agruparemos en factores atmosféricos, geográficos, climáticos, sensoriales, que tienen influencia en el Uso Eficiente de la Energía en el Edificio.

Estos Factores Comunes están presentes universalmente y su tratamiento está en función de la posición geográfica, clima, estilos de vida y política estratégica que trazan los países a través de regulaciones que hay que cumplir, las que protegen la eficiencia energética y el medio ambiente.

Como base para nuestro análisis, en este Instructivo hemos seleccionado, un país del hemisferio Norte, de Europa, España, por varios motivos, entre los que están ser un ejemplo representativo por su posición geográfica, su clima, los hábitos de consumo y por tener establecidas regulaciones de protección acompañadas del sistema de control para hacer que se cumplan las regulaciones. Eso facilita poder brindar los conocimientos que deben ser manejados, mediante un análisis que resulta representativo para el resto de los países, con un contenido práctico y teórico, asegurando la comprensión y la aplicabilidad de estos conceptos en cualquier otra región y con ello su utilidad.

Utilizaremos como fuente de información para establecer comparaciones, especificaciones y sus límites, los Documentos Básicos (DB-HE) del Código Técnico de la Edificación (CTE) español, incluyendo el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), y que ambos son componentes esenciales de la legislación energética en España.

Los factores complementarios o comunes ya mencionados anteriormente, tienen implicaciones en el trabajo del Ingeniero Energético General desde la etapa de concepción de la aplicación, en la tarea técnica, durante el diseño, y en el desarrollo del proyecto. La importancia y aplicabilidad de estos factores comunes se comprueba posteriormente durante el comportamiento energético de la operación del Edificio. De obviarse su importancia, en ocasiones el resultado ya no tiene solución.

2 Factores atmosféricos, geográficos, climáticos y el entorno donde realizamos la aplicación.

Nos centraremos en los factores o parámetros técnicos comunes que influyen en el consumo y rendimiento energético de los Sistemas Térmicos, Equipos y Materiales empleados en los Edificios y que de una forma u otra determinan el consumo de energía durante el funcionamiento posterior de la instalación. Dentro de estos sistemas, equipos y materiales incluimos:

- ✚ la Calefacción o Climatización,
- ✚ el Aire Acondicionado,
- ✚ la Ventilación,
- ✚ el Aislamiento Térmico de paredes, conductos y tuberías,
- ✚ el acristalamiento de superficies, paredes y techos,
- ✚ la iluminación interior y exterior,
- ✚ redes de distribución de fluidos térmicos,
- ✚ sistemas de transformación, distribución de la energía,
- ✚ los aparatos y útiles domésticos empleados para la iluminación, el confort, la distracción, servicios personales, etc.

Todos ellos forman el grupo de sistemas, equipos y materiales que componen el Edificio y que es evidente que intervienen en el consumo de la energía.

Sigue a continuación explicar en que forma estos factores comunes influyen en el consumo energético de los sistemas anteriores. La idea que queremos expresar es que un mismo material, equipo o sistema energético puede ser adecuado o no, dependiendo de la zona geográfica en que se sitúe, debido a cambios en la temperatura y humedad ambiental, o a variaciones de la intensidad de la radiación solar, o del ángulo de incidencia del sol sobre la tierra, o a parámetros ambientales determinados en ciertas zonas del propio edificio, como por ejemplo sótanos con alta humedad relativa, o donde se generan grandes radiaciones calóricas.

Pongamos ejemplos.

Aislamiento Térmico. Es posible que seleccionemos un material para aislar térmicamente la superficie exterior de una tubería por donde circula un fluido térmico a una temperatura menor al ambiente, considerando su precio, sin tener en cuenta que admite una alta permeabilidad al vapor de agua. Este material podrá ser utilizado sin grandes problemas en un ambiente seco, donde la concentración del vapor de agua en el aire sea baja, pero en zonas húmedas no funcionará, debido a las condensaciones superficiales que ocurrirán, deteriorando el material aislante y oxidando la superficie metálica de la propia tubería. Esto también es aplicable al aislamiento térmico de las superficies o paredes interiores de las habitaciones.

Enfriadora de Agua (Chiller). Una enfriadora de agua que es un sistema de refrigeración compuesto por una unidad de evaporación y otra de condensación, entre otros componentes, puede funcionar eficientemente en un país y en otro no, o demostrar una alta eficiencia en invierno pero en verano, elevar el consumo de electricidad por bajar su eficiencia. Aunque los fabricantes de estos sistemas garantizan el comportamiento energético homologando de la temperatura exterior de condensación, ya que es aquí uno de los puntos débiles que influye en el rendimiento energético, no es menos cierto que toman en consideración ceñir el diseño según el área de comercialización de sus productos y de esta manera reducir costos. Cuando un equipo se instala en un país donde el clima se caracteriza por altas temperaturas en el verano, hay que tener la seguridad de que la condensación funcionará eficientemente en la época de verano, pues se enfrentará a la mayor demanda o carga de enfriamiento y a la vez el sistema de condensación tiene que ser capaz de extraer el calor bajo las condiciones de carga pico. Si en tales circunstancias el sistema de condensación opera con limitaciones, entonces la ineficiencia se dispara y el consumo eléctrico sube. Otras veces se hace el montaje del Chiller en zonas del Edificio donde hay altas temperaturas interiores, generadas por sistemas energéticos colindantes, buscando colocarlos en salas de máquinas compactas que optimicen las soluciones constructivas para ganar espacios a rentar y que no interrumpan los accesos, ni moleste el funcionamiento del Edificio con ruido y vibraciones. A veces no se tiene en cuenta ubicarlo en las áreas de sombras colindantes, donde la temperatura siempre es menor en 2 0 3 °C a las zonas soleadas. De no tenerse en cuenta los factores del entorno, estaremos condenando al sistema a una operación ineficiente.

Acristalamiento de Superficies en los Edificios. Colocar paredes acristaladas para facilitar la iluminación interior de los locales, es de amplia aplicación para facilitar la iluminación natural con el consiguiente ahorro de energía. Estas superficies embellecen y forman una imagen futurista en las grandes ciudades de rascacielos. Su utilización debe ser controlada por el Ingeniero Energético General, y por ello debe tener conocimiento de la trayectoria solar de la localidad y de la posición geográfica del edificio. En ocasiones las paredes acristaladas mal ubicadas dejan pasar al interior de los locales la radiación solar, alterando el confort de espacios destinados a usos específicos donde el recalentamiento del aire es molesto para las personas que lo ocupan. Contradictoriamente, ya construido el Edificio, hay que compensar el efecto calórico o invernadero de los locales con una mayor ventilación o en el peor de los casos, con un sistema de aire acondicionado, con un efecto de consumo energético superior al de la

iluminación artificial sustituida. Hay que evitar que la luz solar reflejada invada las fronteras de otras edificaciones colindantes.

Aunque en muchos países establecen regulaciones y exigen la homologación en sus Laboratorios de Referencia para autorizar las licencias comerciales a los sistemas y equipos energéticos a importar y comercializar dentro de sus fronteras, siempre no se cuenta con la certeza de que esto funcione. Muchas marcas penetran en el mercado de diferentes formas sin ser homologadas regionalmente, otras veces se violan las licencias establecidas. Otros países no tienen establecido obligaciones o no cuentan con la estructura de Laboratorios de Referencia. Por ello el Ingeniero Energético General, el proyectista o diseñador de una aplicación, sí tiene que contar con estos conocimientos a la hora de seleccionar el equipamiento, más teniendo en cuenta que los sistemas energéticos en los Edificios tienen un peso principal en la estructura del consumo energético de cualquier país, entre el 30 y 40%.

En estos ejemplos, podemos advertir como parámetros externos y ambientales, determinan de forma directa en la eficiencia energética del conjunto del Edificio. Ya los hemos agrupado en factores atmosféricos, geográficos, climáticos y sensoriales, que tienen influencia en el Uso Eficiente de la Energía y debemos incluir el ambiente cercano donde se realizará la aplicación.

- ✚ El clima con sus estaciones y parámetros estacionales durante el año, la temperatura, humedad, nivel de radiaciones solares y el tipo de estas radiaciones.
- ✚ La zona geográfica, la posición geográfica, la trayectoria solar.
- ✚ El ambiente cercano donde se realizará la aplicación.

A los anteriores Factores podemos añadir

- ✚ El entorno que interactúa con nuestro Edificio, zonas densas en estructuras similares o descubiertas, zonas forestadas o desérticas, zonas costeras por la fuerza en los vientos y el arrastre de gotas salinas que empañan las superficies acristaladas, superficies y paredes acristaladas y reflejantes o superficies neutras.
- ✚ Vientos. El comportamiento, velocidad y la dirección de los vientos, etc.
- ✚ Hábitos de vida y consumo, como influyen los que operaran o vivirán en el Edificio sobre los sistemas energéticos que estamos seleccionando e instalando.

Algunos de los efectos podrían ser:

2.1 Temperatura ambiente: para condiciones severas de bajas temperaturas (10 °C y más bajas), los espesores y calidades de los materiales aislantes exigen un mayor rigor que en zonas de mayores temperaturas (10 °C y mayores). En un sistema de ventilación y extracción de aire caliente, la toma de aire fresco debe estar orientada hacia las zonas de menor temperatura exterior.

2.2 La Humedad relativa: En localidades o estaciones muy húmedas por cercanías al mar microclimas lluviosos, etc. hay que tener en cuenta las posibilidades de condensaciones del vapor de agua, tanto en el verano como en el invierno. La condensación se produce cuando la temperatura superficial de los cerramientos, pisos, cubiertas es igual o inferior a la temperatura de saturación del vapor de agua contenido en el aire ambiente. Cuando el vapor de agua pasa a líquido, disipa calor por condensación (latente) y por reducir su temperatura por debajo del punto de rocío. El calor disipado de una u otra forma incrementa la carga térmica de los locales interiores, además de los daños materiales que causa sobre la constitución de los distintos componentes constructivos por corrosión, erosión y otros daños. De aquí que los materiales aislantes deben ser seleccionados una vez que tenemos conocimiento de la humedad relativa ambiente, interior y exterior al que será sometido.

2.3 Radiación Solar: En las orientaciones geográficas donde la radiación solar es intensa, los cerramientos y cubiertas que reciben directamente la radiación solar alcanzan altas temperaturas superficiales transmitiendo calor al interior del local. Por diseño, en estas condiciones será necesario emplear materiales aislantes que impidan transmitir el calor al interior de los locales. También serán aplicables diferentes variantes como son colocar superficies que reflejen parte de los rayos incidentes, (haciendo el señalamiento anterior de que tampoco podemos impactar ni proyectar la radiación calórica al ambiente externo sin tener control). Hay que tener en cuenta que siempre hay una solución integral para todo. Podemos reducir las aberturas o acristalamientos que faciliten la penetración de la radiación térmica al interior y evitar incrementar la temperatura interior, construir plenum ventilado que reduzcan el calor convectivo, etc. En ocasiones es útil dejar pasar la radiación solar al interior de los locales por diversos propósitos entre los que está la iluminación natural. Pero es necesario que se haga de una manera controlada, que se tome en cuenta como reducir el impacto negativo que esta solución puede traer a la carga térmica interior.

2.4 Trayectoria solar: La tierra describe una órbita alrededor del sol y gira alrededor de su eje y mantiene una inclinación sobre el eje vertical. Al observar al Sol en el cielo, consideramos que estamos en un lugar fijo y que el Sol es el que se mueve. Al movimiento aparente del Sol en la bóveda celeste, se le da el nombre de trayectoria solar, esta tiene un paso diario, o sea, un recorrido que realiza cada día, pero este no es igual todos los días, sino que varía a lo largo del año. En esto influye la inclinación del eje de rotación de la Tierra respecto al plano en que está contenida la órbita terrestre y se llama plano de la eclíptica. Cada latitud de la Tierra tiene un grupo de trayectorias solares a lo largo del año que la caracterizan. Entonces en cada Latitud podemos construir un Diagrama Solar tal y como se muestra a continuación en la **Figura 1** para una latitud tropical en el Atlántico.

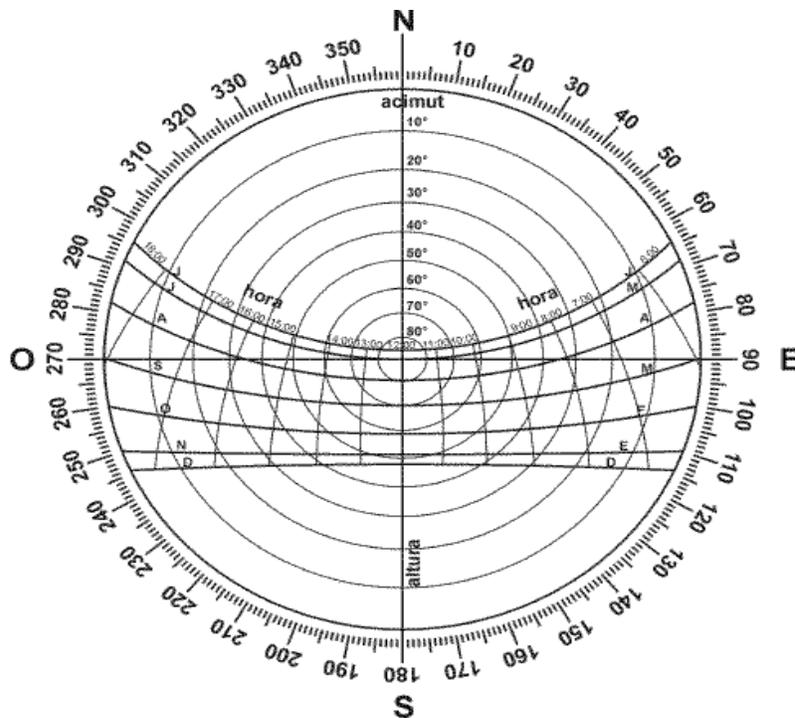


Figura 1

Los círculos concéntricos muestran la altura en grados o elevación de cualquier punto en la bóveda celeste y las divisiones radiales muestran la dirección respecto a los puntos cardinales,

conocido por azimuth. Conocida la elevación y el azimuth, se puede representar la posición del Sol.

Para cada **día** del año y **hora** del día, en cada **latitud** y **longitud** de una localidad o ubicación geográfica del Planeta, hay una posición del Sol en la bóveda celeste. Esta posición se caracteriza y se puede representar el Diagrama Solar por tres coordenadas: el ángulo de elevación, el Azimuth y la hora del día. Si unimos estos puntos calculados para las diferentes horas del día de un mes, entonces tendremos la trayectoria que siguió el Sol, ese día de ese mes. Estas curvas salen del Este y llegan al Oeste. En el punto donde la curva de la trayectoria corta la circunferencia, que son dos puntos posibles, nos expresa que a esa hora la elevación es cero y por lo tanto es la hora de salida (Este) o de la puesta (Oeste) del Sol.

Si hacemos nuestros cálculos para los meses de año, este Diagrama nos muestra que el Sol "pasa" por una región definida a lo largo del cielo, son las curvas que van desde el este al oeste y tendremos el diagrama solar de nuestra posición. Si nuestra ubicación es en el hemisferio Norte, como es el caso europeo, en nuestro ejemplo España, y nos paramos mirando al Sur, la trayectoria solar la vemos frente a nosotros, al sur, con cierto ángulo de inclinación, el que será mayor en la medida que nos ubiquemos en una latitud mas al norte.

Conocer el manejo de la trayectoria solar nos permitirá saber como aprovechar al máximo la energía solar, diseñar y ubicar convenientemente los sistemas de captación como pueden ser los paneles solares térmicos y fotovoltaicos, orientar correctamente los locales del Edificio según su utilización final, ubicar elementos de sombras para proteger de la radiación del Sol la ubicación de equipos vitales, o de áreas determinadas.

Si analizamos la altura y dirección en que se encuentran los árboles y edificios cercanos, veremos como estos penetran o interrumpen la llegada de los rayos del Sol al lugar en que estamos. Así, el Diagrama Solar nos ayuda a orientar los dispositivos de captación de energía solar y a escoger el lugar donde situarlos. A este análisis y su representación gráfica se le llama Diagrama de Sombras y se representan sobre el Diagrama Solar.

2.5 Diagrama de Sombras. El Diagrama de Sombras como expresamos, se representa sobre el Diagrama Solar, una vez construido el segundo. Consiste en medir la altura de las edificaciones que están alrededor de la posición sobre la cual queremos conocer el comportamiento de las Sombras. Podemos utilizar un teodolito, con el que medimos la altura y conocida la distancia, calcular el ángulo de elevación. Con una brújula determinar la posición cardinal de cada edificación y con ello el azimuth. Si la trayectoria solar de nuestra localidad está al Sur, debemos priorizar los obstáculos que están en la dirección de las trayectorias del Sol en nuestro Diagrama Solar. Es evidente, si el Sol sale por el Este y en el punto por donde sale el Sol encuentra un edificio de 50 metros de altura, a unos 200 m de distancia de nuestra posición, entonces su ángulo de elevación es de $\tan^{-1}(50/200)=14,0^\circ$. Si está más cerca de la posición, supongamos a 100 m, entonces ese ángulo es de $26,6^\circ$. Por lo tanto hasta que el Sol no sobrepase una elevación de $26,6^\circ$ en el primer caso, o de $14,0^\circ$ en el segundo caso, los rayos no alcanzaran la superficie de la posición donde nos encontramos. En la medida que alrededor de la posición que estudiamos se encuentren más obstáculos en la trayectoria solar, recibiremos menor radiación solar. Así procedemos, midiendo las proyecciones de las sombras y las representamos sobre el Diagrama Solar. A mas sombras, menos radiación y menor captación.

En la siguiente foto pueden encontrar las sobras representadas para una localidad europea, Roma Italia, en un Diagrama Solar. La curva se corresponde con la trayectoria del Sol el día 182 de año, julio 1º. Es la que tiene representados los soles en rojo-amarillo. Para la posición donde realizamos el estudio, se nota como las sombras impiden la proyección de la radiación solar en a través de su trayecto del Este al Oeste, tanto al salir, en la mañana y en la tarde. Se

puede calcular bien las horas de sombras y compararlas con las horas totales de Sol en ese día. En el ejemplo, ese día es el No. 182, 1º de julio, hora de verano europea y debemos sumarle una hora a las horas del diagrama, la salida del Sol ocurrió a las 5h y 44´ y se puso a las 20h y 43´ para un total de 15 hs de Sol.

La Sombras que se proyectan sobre nuestra ubicación, impidieron que llegaran a ella los rayos solares en los intervalos de tiempo siguientes:

- ⚡ desde las 5.30 h hasta las 7.00 h, igual a 1,30 h
- ⚡ mas avanzada la mañana desde las 8.00 h hasta las 9.30 h, igual a 1,30 h
- ⚡ en la tarde desde las 14.00 h hasta las 15.30 h, igual a 1,30 h
- ⚡ más avanzada la tarde 16.30 h hasta las 18.30 h, igual a 2 h

En total 6.30 h de un total posible de 15.00 h entre la salida y la puesta. El porciento de horas de Sol es de $(15-6,5)/15= 0,566$ ó 57%. Conocidas las horas de Sol sobre una posición determinada podremos decidir sobre los criterios de orientación y ubicación que antes hemos explicado. Ya mencionamos que al instalar un captador solar estaremos obligados a realizar un análisis del comportamiento de las sombras sobre cada un de las posiciones previamente escogidas.

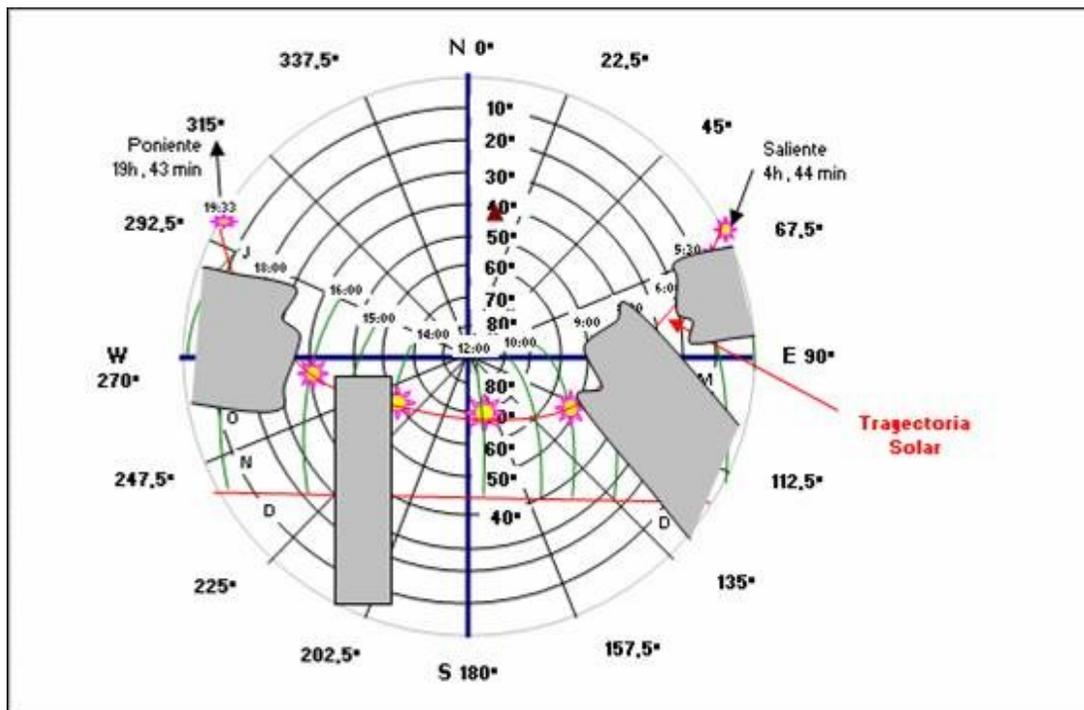


Figura 2

Concluyendo, la ubicación geográfica del edificio determina en su comportamiento energético posterior y forma parte de una de las principales decisiones a tomar en la etapa de diseño y proyecto. Una mala ubicación, una vez terminada la obra ya no tiene solución.

El dominio de estos temas que definimos como Factores Comunes es de suma importancia, principalmente a la hora de diseñar, proyectar y construir Edificios y Centros Comerciales. Entre las tareas que requieren de una decisión bien pensada, como antes hemos visto, está el saber seleccionar adecuadamente los materiales aislantes y los espesores que se emplearan en la obra; en que dirección u orientación colocar las mayores áreas de ventanas, claraboyas, aberturas superficiales y en cual otra reducirlas; la ubicación optima de los paneles de

captación solar térmicos o fotovoltaicos para que funcionen con su mayor eficiencia; empleo en paredes de quiebrasoles; soluciones para la protección de la fuerte radiación solar de determinados locales; empleo de la iluminación natural sin incrementar la carga térmica interior; empleo del aire exterior para la ventilación natural; aprovechamiento de las bajas temperatura exteriores a ciertas horas del día para desplazar consumos de electricidad en los sistemas de aire acondicionado; y muchas más acciones posibles.

3 Severidad Climática, Zonas Climáticas y su efecto en el rigor del diseño energético.

Tomando como Referencia el país España, miembro de la UE. Legislación empleada Código Técnico de la Edificación. Documentos Básicos. DB_HE.

Conocido la influencia de los factores climáticos y geográficos anteriores que son comunes a todos los sistemas térmicos del edificio, la legislación vigente en España los ha combinado estratégicamente en diferentes criterios cuantificados, indicadores que clasifican el grado de complejidad energética del Edificio y consecuentemente las exigencias que debe cumplirse para una vida útil sostenible energéticamente. Esta estrategia nacional ha sido la base de la política energética española en cuanto a edificaciones y de la legislación que la regula y establece. Aunque cada país emite sus reglas, los principios utilizados en la legislación española son aplicables y de hecho empleados por otros países que tienen normas similares establecidas, de ahí su representatividad. Por otra parte hoy no se cuenta con una receta global y este artículo pretende ser de utilidad para los interesados en estos temas en cualquier región del planeta, de ahí que resulte imposible basarse o dar una formula única. Hay que tener presente que cada lugar donde se realice la aplicación de estos temas, puede estar ubicado en diferentes latitudes, orientaciones geográficas, regimenes climáticos, donde las regulaciones y controles gubernamentales sobre la eficiencia energética pueden resultar diferentes.

Veamos en caso de España. Las Zonas en España se han clasificado en función del parámetro **Severidad Climática (SC)**, documentos regulatorios DB-HE-1 titulados Limitación Demanda Energética, según el Código Técnico de las Edificaciones. La SC combina los **grados-día** y la **radiación solar** de la localidad, de forma que se puede demostrar que cuando dos localidades diferentes tienen la misma severidad climática de invierno (**SCI**) la demanda energética de calefacción de un mismo edificio situado en ambas localidades es aproximadamente igual. Lo mismo es aplicable en cuanto a la climatización para la severidad climática de verano (**SCV**). En función de la severidad climática, así es el rigor de los indicadores energéticos a cumplir para una clasificación energética sostenible. A continuación se explica brevemente, para mostrar el mecanismo seguido.

Para invierno se definen cinco divisiones distintas y en verano 4 que se corresponden con los siguientes intervalos de valores de la severidad climática. **Ver Tabla 1**

Tabla 1

ZONAS/ ESTACIONES	A	B	C	D	E
Invierno	SCI ≤ 0,3	0,3 < SCI ≤ 0,6	0,6 < SCI ≤ 0,95	0,95 < SCI ≤ 1,3	SCI > 1,3
	1	2	3	4	
Verano	SCV ≤ 0,6	0,6 < SCV ≤ 0,9	0,9 < SCV ≤ 1,25	SCV > 1,25	

La SC se calcula a través de correlaciones diferentes, para invierno y verano. En función de la disponibilidad de datos climáticos existen dos correlaciones alternativas, Ver **Tabla 2**.

En función de		Correlación					
Invierno	a partir de los grados-día de invierno, y de la radiación global acumulada	$SCI = a \cdot Rad + b \cdot GD + c \cdot Rad \cdot GD + d \cdot (Rad)^2 + e \cdot (GD)^2 + f$					
		a	b	c	d	e	f
		$-8,35 \cdot 10^{-3}$	$3,72 \cdot 10^{-3}$	$-8,62 \cdot 10^{-6}$	$4,88 \cdot 10^{-5}$	$7,15 \cdot 10^{-7}$	$-6,81 \cdot 10^{-2}$
Invierno o SCI	partir de los grados-día de invierno, y del rate entre número de horas de sol y número de horas de sol máximas.	$SCI = a \cdot GD + b \cdot n/N + c \cdot (GD)^2 + d \cdot (n/N)^2 + e$					
		a	b	c	d	e	
		$2,395 \cdot 10^{-3}$	-1,111	$1,885 \cdot 10^{-6}$	$7,026 \cdot 10^{-1}$	$5,709 \cdot 10^{-2}$	
En función de		Correlación					
Verano	a partir de los grados-día de verano y de la radiación global acumulada.	$SCV = a \cdot Rad + b \cdot GD + c \cdot Rad \cdot GD + d \cdot (Rad)^2 + e \cdot (GD)^2 + f$					
		a	b	c	d	e	f
		$3,724 \cdot 10^{-3}$	$1,409 \cdot 10^{-2}$	$-1,869 \cdot 10^{-5}$	$-2,053 \cdot 10^{-6}$	$-1,389 \cdot 10^{-5}$	$-5,434 \cdot 10^{-1}$
Verano SCV	a partir de los grados-día de verano, y del rate entre número de horas de sol y número de horas de sol máximas.	$SCV = a \cdot GD + b \cdot n/N + c \cdot (GD)^2 + d \cdot (n/N)^2 + e$					
		a	b	c	d	e	
		$1,090 \cdot 10^{-2}$	1,023	$-1,638 \cdot 10^{-5}$	$-5,977 \cdot 10^{-1}$	$-3,370 \cdot 10^{-1}$	

Siendo:

Severidad climática: La SC de una localidad es el cociente entre la demanda energética de un edificio cualquiera en dicha localidad y la correspondiente al mismo edificio en una localidad de referencia. En la reglamentación española se ha tomado Madrid como localidad de referencia, siendo, por tanto, su SC la unidad. Se define una severidad climática para verano y una para invierno.

Los Grados-día de un período determinado de tiempo es la suma, para todos los días de ese período de tiempo, de la diferencia entre **una temperatura fija o base** de los grados-día, y la temperatura media del día, cuando esa **temperatura media diaria sea inferior a la temperatura base**. La temperatura base anterior es de **20°C**. Grados-días de invierno: La media de los grados-día de invierno en base 20 para los meses de **enero, febrero, y diciembre**. Para cada mes están calculados en base horaria, y posteriormente divididos por 24. Grados-días de verano: La media de los grados-días de verano en base 20 para los meses de **junio, julio, agosto y septiembre**. Están calculados en base horaria y luego dividida por 24.

Rad la media de la radiación global acumulada para los meses de invierno (o verano) enero, febrero, y diciembre (junio, julio, agosto, y septiembre) [kW h / m²].

n/N el rate entre número de horas de sol y número de horas de sol máximas sumadas cada una de ellas por separado para los meses de invierno (o verano) enero, febrero, y diciembre (junio, julio, agosto, y septiembre).

Estudiemos cómo varía el parámetro **SCI** y **SCV** en función de las diferentes variables atmosféricas, para la región de **Barcelona – Tarragona**, caracterizada por temperatura promedio ambiente entre 9 °C en invierno y 24 °C en verano y valores de radiación solar acumulada por día entre 3,8 y 4,2 kWh/m² como representativo del año. La temperatura ambiente y la humedad se registran en la **Tabla 3** que sigue:

Barcelona	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tmed	8,8	9,5	11,1	12,8	16,0	19,7	22,9	23,0	21,0	17,1	12,5	9,6
HRmed	73	70	70	70	72	70	69	72	74	74	74	71
Tarragona	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tmed	10,0	11,3	13,1	15,3	18,4	22,2	25,3	25,3	22,7	18,4	13,5	10,7
HRmed	66	63	59	59	61	60	59	62	67	70	68	66

La **Tabla 4** a continuación registra la energía en megajulios y en kWh/m² que inciden sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes (Fuente CENSOLAR) para Barcelona y Tarragona. Un kW equivale a 3,6 MJ. Para llevar MJ a kWh, dividamos por 3,6.

CIUDAD	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tot
BARCELONA	6,5	9,5	12,9	16,1	18,6	20,3	21,6	18,1	14,6	10,8	7,2	5,8	13,5
TARRAGONA	7,3	10,7	14,9	17,6	20,2	22,5	23,8	20,5	16,4	12,3	8,8	6,3	15,1
En kWh/m ²													
BARCELONA	1,81	2,64	3,58	4,47	5,17	5,64	6,0	5,03	4,06	3,0	2,0	1,61	3,75
TARRAGONA	2,03	2,97	4,14	4,89	5,61	6,25	6,61	5,69	4,56	3,42	2,44	1,75	4,19

Aumento de los GD. En la medida que la temperatura ambiente disminuya, la diferencia entre 20 y Ta (20 - ta) irá aumentando, **habrán más grados-días** y con ello **SCI aumentará**, es lógico, a menor temperatura ambiente más requerimiento de la calefacción interior.

Aumento de la radiación solar. En la medida que aumenta la radiación solar, el valor de **SCI** disminuye. También es lógico, menos calefacción. Cuando sucede en verano, ocurre lo contrario, la **SCV** aumenta pues se requiere mayor climatización.

Aumento de la relación de horas solar efectiva **n/N**. Igual razonamiento que el anterior.

Concluyendo, los modelos reflejan la realidad, en el invierno favorecen altas temperaturas ambiente, altas radiaciones solares y mayor numero de horas solares efectivas. Así **disminuye la severidad climática en el invierno**, por lo que las zonas con **SCI bajas**, serán las de menor gasto de energía y con un nivel exigencia moderado. Todo lo contrario en aquellas zonas donde el indicador **SCI sea alto**.

En el verano ocurrirá lo opuesto, nos favorece bajas temperaturas ambiente, bajas radiaciones solares y menor numero de horas solares efectivas puesto que **disminuyen la severidad climática de verano**, por lo tanto las zonas con **SCV bajas**, serán las de menor gasto energético y con un nivel de exigencia moderado. Todo lo contrario a aquellas zonas donde el indicador de **SCV sea alto**.

En cuanto a la radiación solar, se han definido 5 zonas para las localidades españolas, teniendo en cuenta la Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal (H), tomando los intervalos que se relacionan para cada una de las zonas, como se indica a continuación. Ver **Tabla 5:**

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	H < 13,7	H < 3,8
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H < 4,2
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0

De acuerdo a la radiación solar, la mayoría de las ciudades cercanas a Barcelona clasifican entre las zonas **II y III** y las de Tarragona en las categorías **III y IV** de mayor radiación solar.

En cuanto a la severidad climática, **fundamentalmente en el invierno**, las ciudades de Barcelona y Tarragona clasifican atendiendo a la **Tabla 1** anterior según se registra en la **Tabla 6** siguiente:

CIUDAD	SC		Radiación Solar	
	Clasificación	Valores SCI	Clasificación	kWh/m2
Barcelona	C2	$0,6 < SCI \leq 0,95$	II	$3,8 \leq H < 4,2$
Tarragona	B3	$0,3 < SCI \leq 0,60$	III	$4,2 \leq H < 4,6$

Como se ha expresado anteriormente, los valores de severidad climática, determinan el rigor exigido para un proyecto o remodelación de un edificio según la zona climática donde está ubicado. Los coeficientes de transmisión de calor de los cerramientos, cubiertas, puentes térmicos, huecos, aberturas, claraboyas, ventanas, puertas y pisos están influidos por esta clasificación, de ahí la importancia de poder valorar en que zona nos encontramos y con que rigor de exigencia hay que trabajar. De las cifras anteriores, si comparamos ambas ciudades en el invierno, Barcelona requiere un nivel de exigencia superior para el cumplimiento de la eficiencia energética, puesto que presenta las temperaturas de invierno más bajas y un nivel de radiación solar media menor.

3.1 Humedad relativa y las condensaciones superficiales.

Dentro de estos factores comunes se encuentra la humedad relativa, que también influye en el rigor del proyecto y en las calidades de los diferentes materiales que se emplearan. Existen numerosos ejemplos donde se selecciona el material adecuado para emplearlo como aislamiento térmico de tuberías de agua helada y si estas líneas atraviesan zonas húmedas y no se tienen en cuenta esas condiciones particulares del proyecto, se producen condensaciones superficiales. En estas zonas, de una humedad superior al resto, habrá que seleccionar mejores materiales con mayor resistencia a la permeabilidad del vapor de agua, o aumentar la resistencia al paso del vapor de agua con espesores superiores.

Hay que tener en cuenta el factor humedad en cada una de las zonas por donde se trazará la tubería. Normalmente en el aire está presente el vapor de agua. Cuando el aire se pone en contacto con la superficie fría, los componentes del aire también se enfrían, (incluido el vapor de agua).

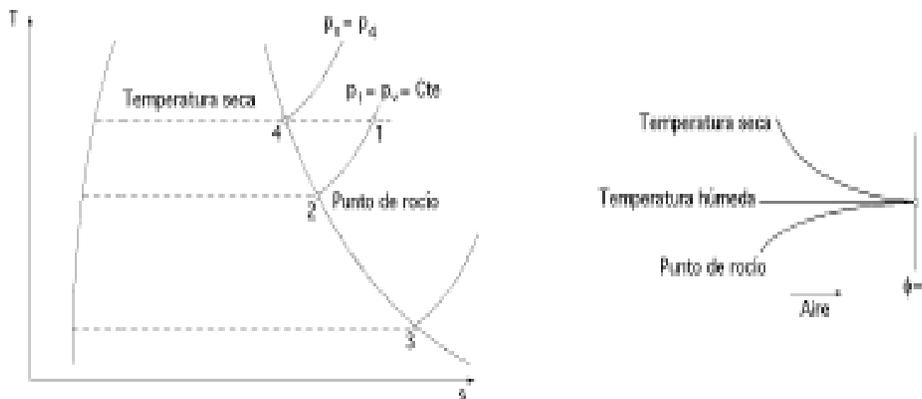


Figura 3

Analizamos la **Figura 3**. Al continuar el enfriamiento llega un momento en que el aire se satura vapor de agua, punto 2, y una disminución posterior de la temperatura da lugar a la condensación del vapor de agua formándose la gota líquida, modificándose entonces la composición de la fase gaseosa. La temperatura a la cual aparece la gota de agua líquida se denomina **punto de rocío**.

En el punto 1, el aire se encuentra a una temperatura superior a la del punto de rocío, denominada temperatura seca, que se mide con un termómetro normal. Entre los puntos 1 y 2 el aire se enfría en la medida que se acerca a la superficie exterior de la tubería recubierta con el aislamiento, también se enfría el vapor, manteniéndose constante la presión parcial del vapor de agua; al alcanzarse el punto 2, punto de rocío, el aire se satura de vapor de agua; si la temperatura del aire sigue disminuyendo, a valores inferiores al punto de rocío, seguirá condensado el vapor de agua.

Las condensaciones pueden aparecer sobre las superficies frías o de menor temperatura que la ambiente, de los cerramientos o divisiones de un local climatizado, de los aislamientos térmicos mal colocados o seleccionados incorrectamente. Las condensaciones son indeseables pues llevan implícitas pérdidas de energía en los sistemas climatizados, además del deterioro de los materiales sobre las superficies donde se producen. Si las condensaciones ocurren en el interior del local por infiltraciones de aire húmedo, aumentan la carga térmica interior pues al condensarse el vapor consume parte de las frigorías útiles de la climatización. Si son sobre la superficie del exterior del local climatizado, también aumentan la carga interior al transportar el calor exterior al interior del local.

Este fenómeno se puede presentar también en los locales calefactados que tienen depósitos de líquidos en contacto superficial con el ambiente interior, por ejemplo los locales destinados a piscinas. La evaporación del agua consume calor y eleva tanto la carga térmica del sistema como la humedad relativa interior. Si la temperatura exterior de los locales calefactados es baja y dentro de los locales se mantiene un ambiente húmedo con temperaturas interiores superiores, pueden aparecer condensaciones superficiales interiores sobre divisiones y cerramientos en aquellos puntos de bajo aislamiento. Ahora el calor interior se transporta al exterior, incrementando igualmente la carga térmica de calefacción.

No solo hay que tener en cuenta para un buen proyecto, la humedad relativa de cada área o zona donde colocaremos el aislamiento térmico, hay que valorar y determinar en el caso de redes, las zonas húmedas dentro de los canales de servicio o los locales por donde la red será trazada. En el caso de aislamiento en paredes y losas, hay que considerar la humedad de las áreas que colindan.

En la **Tabla 3 y 4** anterior se registraron los valores anuales promedios de temperatura, humedad relativa y radiación solar meda para las ciudades de Barcelona y Tarragona, valores que son los utilizados para evaluar el grado higrométrico de la zona. La clasificación española reporta los siguientes grados higrométricos:

- | | |
|---------------------------------------|--------|
| a) clase de higrometría 5: | 70% HR |
| b) clase de higrometría 4: | 62% HR |
| c) clase de higrometría 3 o inferior: | 55% HR |

El factor de temperatura de la superficie interior, que definiremos por **fRsi**, para cada cerramiento, partición interior, o puentes térmicos integrados en los cerramientos, se calcula a partir de su transmitancia térmica.

Confirmando, las paredes con baja resistividad térmica, dejarán pasar el calor al interior o al exterior del local, dependiendo como sea el sistema, aumentando la carga térmica energética. A más condensaciones, mas pérdidas.

También puede ocurrir que a pesar de un buen espesor del aislamiento superficial, el vapor de agua se difunda a través de la capa del material aislante por la baja resistencia del material a la difusión del vapor. Si el vapor se difunde o el aire exterior penetra dentro del material aislante, alcanzará las zonas interiores de baja temperatura y con ello se producirán condensaciones del vapor de agua. Por ello no solo es diseñar el espesor adecuado del material aislante, es saber seleccionar el material adecuado que impida las perdidas energéticas y la permeabilidad del vapor de agua. La calidad y el espesor del aislamiento son los elementos esenciales que se requiere manejar para un buen diseño y proyecto. Después, otro factor de sumo cuidado es el montaje del aislamiento, tema para futuros Instructivos.

3.2 Radiación Solar sobre la Tierra y su trayectoria solar.

La radiación solar incidente sobre la superficie terrestre es variable, debido a:

- a) La absorción atmosférica de ciertas longitudes de onda y la reflexión de otras.
- b) Variaciones de la composición atmosférica, tales como vapor de agua, gases contaminantes y polvos en general, para las diferentes regiones de la tierra.
- c) Latitud y Longitud de la localización.
- d) La estación del año.
- e) La hora del día.

Las condiciones anteriores tienen diversos impactos sobre la radiación que llega a la superficie terrestre. Determinan el espectro de luz que se recibe, el ángulo de incidencia de la radiación sobre la superficie y la potencia solar que llega. Como se aprecia esta variabilidad está determinada por efectos locales, tales como la latitud, longitud, contaminación atmosférica y otros efectos tales como la estación anual, el día y la hora del día.

La trayectoria solar, causada por la rotación de la tierra alrededor de su eje, cambia el ángulo de impacto de la componente directa de los rayos solares sobre la tierra. Este cambio constante hace que los rayos sean con mayor o menor incidencia sobre las superficies según su orientación geográfica y con ello la potencia de captación.

El ángulo entre el sol y una superficie dada sobre la tierra, llamado Elevación, depende de la latitud de la localización, el mes del año y el día. El tiempo al cual el sol aparece y se pone depende de los factores anteriores y se calculan cuando el ángulo de Elevación es cero.

Por lo que para una completa modelación de la trayectoria solar se necesita **conocer la latitud, la longitud de la localización**, el mes del año, el día y la hora del día.

Conocida la trayectoria solar, se procede a representarla en el Diagrama Solar, donde se registran a las distintas horas del día la posición del Sol.

De la misma manera se determinan las horas de sol efectivas, para lo que se determinan las sombras generadas por las edificaciones y obstáculos que existen alrededor de la posición donde estemos realizando el análisis y que se oponen a que los rayos solares lleguen al punto en cuestión.

En la **Figura 1** anterior, presentamos el Diagrama Solar de una región del Atlántico Norte Tropical y en la **Figura 2** la proyección de las Sombras representada en el diagrama Solar para

una posición ubicada en la Ciudad de Roma, Italia, calculando el porcentaje de las horas de Sol efectivas.

El Diagrama Solar es la fuente de información para determinar como la radiación solar impacta las distintas paredes y laterales del Edificio o de un captador solar. Esta información será la base para la aplicación de soluciones arquitectónicas o de alternativas para reducir el impacto energético desde el exterior al edificio. Estos elementos facilitaran la ubicación de paredes acristaladas, para una mejor utilización de la luz solar, pero teniendo en cuenta su localización en aquellos exteriores donde la refracción de los rayos solares no causen efectos externos a otras instalaciones o efectos nocivos al propio edificio.

El diagrama que a continuación se representa, **Figura 3.3** (tomado del DB-HE4 del CTE vigente), ha sido preparado para una **Latitud 41,3 N**, coincidente con las principales zonas de las regiones españolas que hemos venido ejemplificando. En el se representan, de acuerdo a la orientación geográfica (Azimuth) y a la inclinación sobre la horizontal terrestre (ángulo Beta (β)), el aprovechamiento energético que obtendríamos de instalar un captador solar, asociando las perdidas energéticas a las variaciones en la orientación y en la inclinación del captador. Es decir, una orientación correcta coincidirá con la mayor eficiencia. Este tipo de diagrama es muy útil y es por eso la importancia que se construyan para orientar las aplicaciones en las diferentes regiones y países. Es muy sencilla su interpretación.

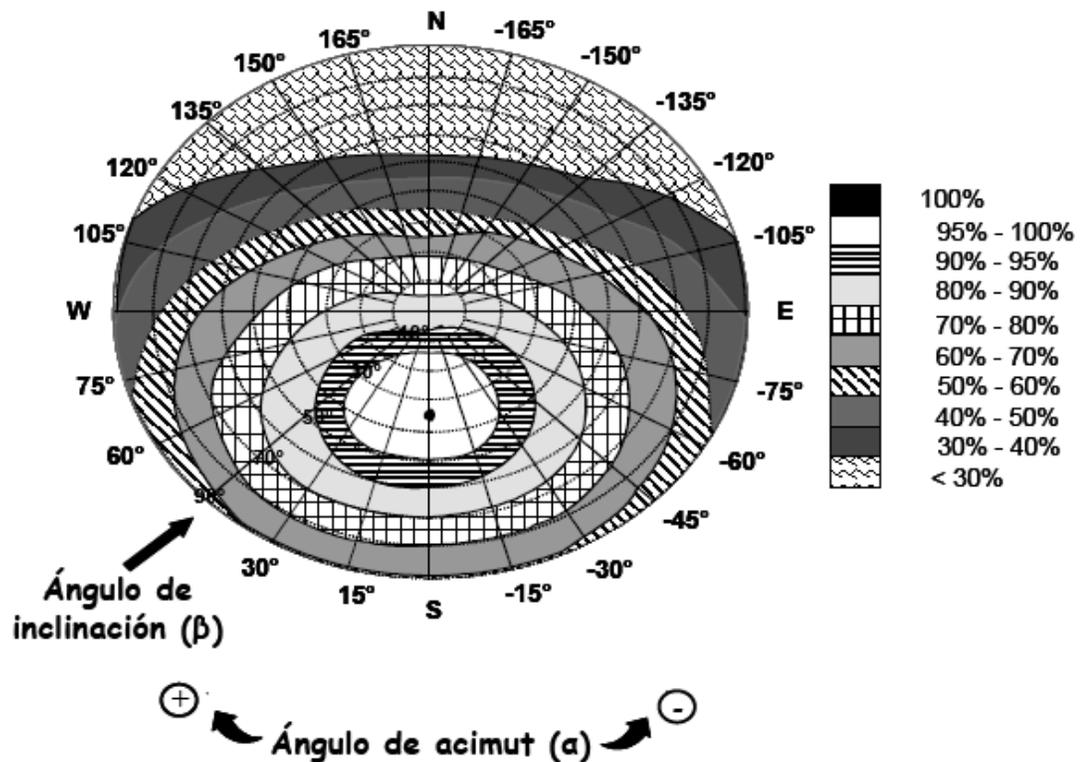


Figura 3.3
Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación.

Observando las diferentes zonas sombreadas en el Diagrama anterior, para nuestra **Latitud 41,3°** debemos orientar los captadores solares al **Sur**, con ángulos de inclinación con relación a la horizontal terrestre entre **20** y **50°**. En el Diagrama, las graduaciones del ángulo de Elevación β comienzan en **10°, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 y 90°**.

En el ejemplo que seguimos, en la posición con Latitud 41,3° los ángulos de Elevación β estarán entre 20 y 50° y el ángulo Azimuth α entre +35° y -30°. En esta zona las pérdidas por mala orientación e inclinación son las menores. El punto óptimo sería el centro de la superficie blanca, totalmente dirigido al Sur, en el punto negro, con Elevación alrededor de 35°.

Cualquier otra ubicación que seleccionemos, debido a exigencias arquitectónicas, obstáculos u otras causas ajenas a nuestros deseos, el panel solar solo aprovechará parcialmente la radiación solar que pudiera captar según sus características técnicas. El diagrama anterior también nos ayuda a manejar la orientación de cualquier objeto que se quiera proteger de la fuerte radiación solar. Paredes orientadas al Norte tendrán la mayor protección.

Observemos que en la medida que variemos el ángulo de Azimuth, a la vez estaremos afectando la eficiencia de captación. En nuestro ejemplo el límite estará entre +35° y -30°.

Para mas información sobre el Diagrama Solar, el Diagrama de Sombras como construirlo y emplearlo, consulte nuestro Instructivo Trayectoria Solar, visite nuestra web www.energianow.net.

4 Confort y su influencia en los sistemas energéticos de los Edificios.

Para conseguir una sensación de bienestar hay que tener en cuenta múltiples factores, entre ellos la humedad del aire, su temperatura, velocidad de aire, calidad del aire interior, ruidos que se producen, los colores interiores, etc. todo incidiendo sobre la eficiencia energética de los sistemas que climatizan el aire, sea frío o calefacción.

Hay que tener en cuenta aspectos sencillos y que a veces no le damos importancia, como presencia de paredes frías, en las que el color rojo produce una sensación de excitación, mientras que el verde es tonificante. Otros factores comunes son de mayor importancia, como conocer a que se destinarán los locales a climatizar, que estilo de vida tienen los visitantes o personas que estarán presentes, si existen hábitos característicos, propios de locales destinados a iglesia (prohibido fumar), Salas de Teatro, Bar, donde los hábitos de los que estarán presentes son particulares de la función que realizan y son totalmente diferentes, unos sentados, sin fumar, otros bailando, sudando y fumando. Una pregunta que debemos hacernos antes de iniciar el proyecto, es: ¿cómo apreciarán el Confort los diferentes segmentos de visitantes o presentes?

El aire contiene un 0,03% de CO₂, que al ser respirado por el organismo humano sale a 37°C con un 4% de CO₂. Asimismo, el ser humano en reposo absorbe 25 litros de O₂ por hora, equivalentes a 400 litros de aire por hora, consumo que crece con la actividad.

El aire de una habitación cerrada se llega a enrarecer por la presencia de un 2% de CO₂, llevando a la gente a un estado de excitación; para un 3% de CO₂, se llega a un estado de depresión general que puede llegar al desfallecimiento. En ambientes habituales, no industriales, se considera como índice de habitabilidad un % de CO₂, que es fácil de medir y que da una idea bastante exacta de la pureza del ambiente; el **límite máximo admisible es de 0,1% CO₂**, llegándose a admitir en situaciones excepcionales, (refugios), porcentajes de hasta un 3% CO₂, no exigiéndose situaciones ideales en casos así.

El cuerpo humano goza de un sistema regulador de su temperatura, que es de 37°C, pudiendo vivir en ambientes cuyas temperaturas oscilan entre -70°C y +50°C. La temperatura varía de una a otra parte del cuerpo, consiguiéndose este equilibrio mediante un consumo de energía interior y de aislamiento con vestidos.

La temperatura ambiente más agradable al cuerpo humano, con respecto a una situación de actividad nula, es del orden de 22°C. Respecto a la respiración, la temperatura ideal del aire oscila entre 15°C y 18°C. El ser humano elimina al exterior calor y humedad por medio de la respiración y la transpiración, cuestiones a tener en cuenta a la hora de proyectar una instalación de climatización. La cantidad total de calor que elimina el cuerpo humano en forma de calor sensible (radiación y convección), y calor latente (transpiración), viene repartido en la siguiente forma:

- ✚ El agua eliminada por una persona en reposo a 22°C de temperatura ambiental, y con una humedad relativa comprendida entre un 30 % y un 70%, es de **50 gr/hora**.
- ✚ El calor sensible que una persona elimina al exterior, a una temperatura media de 18°C, se compone de **35 Kcal/hora por radiación; 25 Kcal/hora por convección;** despreciable por conducción.

La transpiración crece con la temperatura; de aquí que el ingeniero a la hora de proyectar, tiene que conseguir un determinado grado de bienestar que se puede lograr de diferentes formas. Existen curvas experimentales obtenidas tomando datos con gente en ambientes de distintas condiciones de temperatura seca y húmeda, y velocidad del aire, que dan sensaciones de confort parecidas. Más abajo el calor eliminado por una persona en distintas situaciones.

a) Tumbado	74 Kcal/hora
b) De pie	108 Kcal/hora
c) Trabajo de pie	140 Kcal/hora
d) Andando (5 Km/hora)	270 Kcal/hora
e) Carrera (9 Km/hora)	580 Kcal/hora
f) Trabajos muy intensos hasta	1200 Kcal/hora

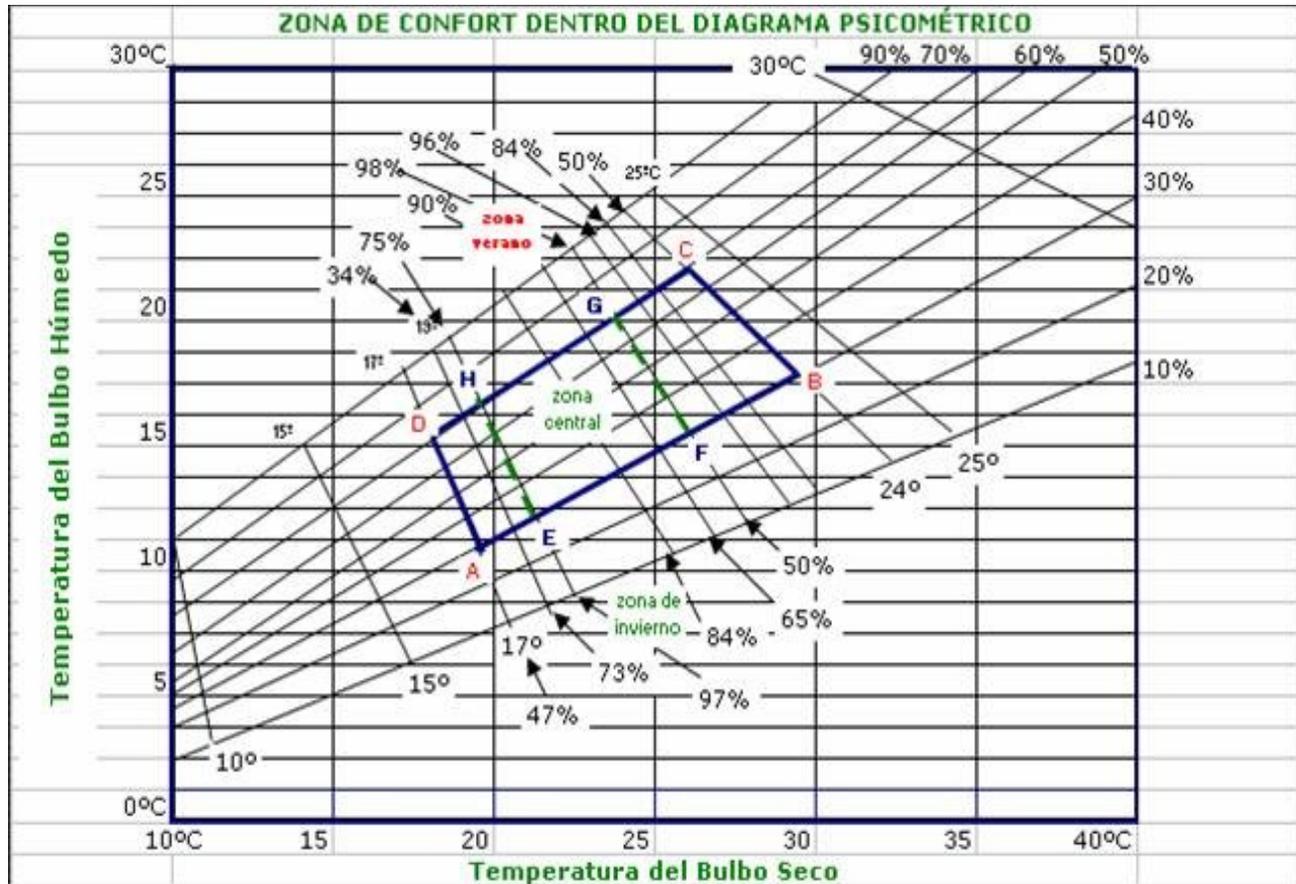


Figura 4

El diagrama de la Figura 4 es una cartilla psicometrica y dentro de ella está representada una zona que se conoce como Zona de Confort. La zona central identificada por el rectángulo **E-F-G-H** está limitada por las siguientes coordenadas, valores tomados del Diagrama Psicométrico del Catálogo Interclisa, España.

Invierno **E** (Tbs 22 °C, Tbh 13 °C, 30% HR); **F** (Tbs 26 °C, Tbh 15 °C, 30% HR)
 Verano **G** (Tbs 24 °C, Tbh 20°C, 70% HR); **H** (Tbs 19 °C, Tbh 16 °C, 70% HR)

Dentro de los locales se supone velocidad del aire en calma.

Las condiciones de confort dependen también de las condiciones reinantes en el exterior. No es conveniente un salto brusco entre la temperatura del exterior y la del interior. La velocidad del aire en el interior de locales nunca debe superar los **0,85 m/seg**, cuando en el mismo se desarrolle una actividad tranquila; la dirección del movimiento del aire en estas situaciones, nunca deberá ser vertical ascendente.

4.1 Reglamento de las Instalaciones Técnicas Energéticas Español

El Reglamento de las Instalaciones Técnicas Energéticas Español, conocido por RITE, establece regulaciones en cuanto al confort. Brevemente resumiremos las condiciones que establece, con

el objetivo de regular las decisiones personales que puedan afectar el consumo de energía en una edificación. Mantenemos la identificación de cada acápite tal y como aparece en el RITE.

IT 1.1.4.1.1 Generalidades

La exigencia de calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionado de la instalación térmica, si los parámetros que definen el bienestar térmico, como la temperatura seca del aire y operativa, humedad relativa, temperatura radiante media del recinto, velocidad media del aire en la zona ocupada e intensidad de la turbulencia se mantienen en la zona ocupada dentro de los valores establecidos a continuación.

IT 1.1.4.1.2 Temperatura operativa y humedad relativa

1. Las condiciones interiores de diseño de la temperatura operativa y la humedad relativa se fijarán en base a la actividad metabólica de las personas, su grado de vestimenta y el porcentaje estimado de insatisfechos (PPD), según los siguientes casos:

Porcentaje estimado de insatisfechos (PPD) (Predicted Percentage of Dissatisfied): proporciona datos sobre la incomodidad o insatisfacción térmica basándose en la estimación del porcentaje de personas susceptibles de sentir demasiado calor o demasiado frío en unas condiciones ambientales dadas. (UNE-EN ISO 7730)

a) Para personas con actividad metabólica sedentaria, con grado de vestimenta de ligero en verano y arropado en invierno y un PPD entre el 10 y el 20%, los valores de la temperatura operativa y de la humedad relativa estarán comprendidos entre los límites indicados en la tabla 1.4.1.1.

Tabla 1.4.1.1 - Condiciones interiores de diseño

Estación	Temperatura operativa	Humedad relativa
	°C	%
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

b) Para otros valores diferentes de la actividad metabólica, grado de vestimenta y PPD del apartado a) es válido el cálculo de la temperatura operativa y la humedad relativa realizado por el procedimiento indicado en la norma UNE-EN ISO 7730.

2. Al cambiar las condiciones exteriores la temperatura operativa se podrá variar entre los dos valores calculados para las condiciones extremas de diseño. Se podrá admitir una humedad relativa del 35% en las condiciones extremas de invierno durante cortos períodos de tiempo.

3. La temperatura seca del aire de los locales que alberguen piscinas climatizadas se mantendrá entre 1º C y 2º C por encima de la del agua del estanque, con un máximo de 30º C. La humedad relativa del local se mantendrá siempre por debajo del 65%, para proteger los cerramientos de la formación de condensaciones. Tengamos presente que estamos analizando los Factores Comunes en un país de clima frío.

IT 1.1.4.1.3 Velocidad media del aire

1. La velocidad del aire en la zona ocupada se mantendrá dentro de los límites de bienestar, teniendo en cuenta la actividad de las personas y su vestimenta, así como la temperatura del aire y la intensidad de la turbulencia.

2. La velocidad media admisible del aire en la zona ocupada (V), se calculará de la forma siguiente:

Para valores de la temperatura seca t del aire dentro de los márgenes de 20 °C a 27 °C, se calculará con las siguientes ecuaciones:

a) Con difusión por mezcla, intensidad de la turbulencia del 40% y PPD por corrientes de aire del 15%:

$$V = \frac{t}{100} - 0,07 \quad \text{m/s}$$

b) Con difusión por desplazamiento, intensidad de la turbulencia del 15% y PPD por corrientes de aire menor que el 10%:

$$V = \frac{t}{100} - 0,10 \quad \text{m/s}$$

Para otro valor del porcentaje de personas insatisfechas PPD, es válido el método de cálculo de las normas UNE-EN ISO 7730 y UNE-EN 13779, así como el informe CR 1752.

3. La velocidad podrá resultar mayor, solamente en lugares del espacio que estén fuera de la zona ocupada, dependiendo del sistema de difusión adoptado o del tipo de unidades terminales empleadas.

Seguidamente el RITE sigue regulando los aspectos sobre la calidad del aire interior y la higiene que deben asegurarse desde la etapa de diseño y proyecto.

Como se conoce, el confort interior de los locales se asegura con su climatización. Las decisiones que se tomen en el diseño para garantizar determinado confort, posteriormente influirán en el consumo de energía del Sistema de Climatización o Calefacción.

5 Conclusiones.

Se comprueba como una serie de factores geográficos, naturales o de decisiones tomadas sobre los criterios a seguir para el confort de los interiores o locales climatizados, influyen en el consumo de energía de los sistemas que forman parte de la estructura energética de un edificio, independientemente de que los sistemas, equipos y materiales hayan sido seleccionados correctamente y con la mayor eficiencia energética de operación.

Brevemente se ha explicado como influye la orientación del edificio, las temperatura y humedad relativa ambiente, la ubicación geográfica sobre la radiación incidente, los obstáculos o sombras cercanas a la construcción, los criterios de confort de los locales climatizados y se han mencionado posibles soluciones para armonizar estos factores externos con los sistemas energéticos que se seleccionen, todo en función de alcanzar la eficiencia y sostenibilidad energética del edificio. Los documentos legales vigentes en España y Europa regulan estos factores y establecen los controles sobre ellos.

Los objetivos de los temas que fueron analizados en este documento han sido:

- a) mostrar la importancia, efecto e implicaciones sobre la sostenibilidad energética del edificio que tienen los Factores Comunes a los sistemas Energéticos, que no son mas las condiciones externas que influyen en su eficiencia.
- b) Proponer un orden para su análisis a la hora de enfrentarse a una aplicación determinada.
- c) brindarle al ingeniero proyectista e instalador los elementos relacionados con los Factores Comunes o Exteriores para el manejo de estas herramientas, alertarlos en cuanto al impacto que tienen sobre la operación del edificio, así podrán actuar durante el proceso de localización y orientación del Edificio, selección de los materiales y equipos que consumirán energía, orientar adecuadamente los locales y colocar inteligentemente los equipos captadores solares o que requieren disipar calor al exterior, todo sin impactar negativamente las edificaciones y áreas colindantes.
- d) ejemplificar como la legislación vigente en España ayuda a entender el mecanismo que establece sus regulaciones y políticas energéticas, en tono con la del resto de los países europeos. Se demuestra como se puede medir la Severidad Climática y su relación con las exigencias energéticas a cumplir.

6 Recomendaciones.

1. Realizar el estudio de los Factores Comunes a la Edificación y determinar su influencia sobre los Sistemas, Equipos y Materiales que se utilizarán en la Obra. Previo a la definición de la concepción general del proyecto, estudiar el impacto que tendrán los Factores Comunes sobre los sistemas y la eficiencia energética.
2. La localización u orientación, la distribución de locales, la selección de los Sistemas Energéticos que se emplearan o sustituirán,
3. Dotar al personal técnico que tendrá a su cargo el diseño y los proyectos para las remodelaciones, modernizaciones o el mantenimiento de los Edificios, de los instrumentos de diagnóstico requerido para evaluar los grados de influencia de los Factores Comunes anteriores sobre la eficiencia del sistema energético de la edificación. Facilitar así la toma de decisiones para la selección correcta de los materiales, equipos y sistemas que serán objeto de modificaciones o sustitución.

El Código Técnico de la Edificación, (CTE) vigente en España, establece que es obligatorio el registro completo en la Memoria Descriptiva y en la documentación de proyecto, de los análisis y resultados anteriores, así como que el proyectista será responsable de que las decisiones tomadas y registradas se adapten a las exigencias del RITE y de cualquier otra reglamentación o normativa que pudiera ser de aplicación a la instalación proyectada.

4. Por lo anterior es oportuno que los análisis, resultados y soluciones planteadas, se integren en un documento que sea la base para su aplicación posterior. Estos aspectos deben ser tomados en cuenta durante toda la obra, desde el diseño y proyecto, en la selección de los materiales y el equipamiento, durante la ejecución, puesta en marcha y operación posterior del Edificio. Es una herramienta de trabajo para el proyectista y supervisores de obra.

7 Bibliografía.

1. Reglamento de las Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) Versión 31/07/2006
2. REAL DECRETO 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.
3. REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Partes I y II. Marzo de 2006
4. Documento Básico HE. Ahorro de Energía.
5. Opción Simplificada para la Calificación de Eficiencia Energética de Edificios de Viviendas. Ministerio de Hacienda. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
6. <http://www.sel.me.wisc.edu/>. University Wisconsin-Madison Solar Energy Laboratory
7. <http://www.sij.fh-aachen.de/> Solar Institut Juelich Germany.
8. <http://www.ases.org>. American Solar Energy Society
9. <http://www.ies-def.upm.es/> Institute of energy and sustainable development
<http://www.nrel.gov/ncpv/> National Center for Photovoltaics
10. <http://userwww.sfsu.edu/~ciotola/solar/> National Solar Power Research Institute, Inc.
11. <http://www.nmsea.org/> New Mexico Solar Energy Association
12. <http://www.ncsc.ncsu.edu/> North Carolina Solar Center
13. <http://www.photonics.com> Photonics Spectra Magazine
14. <http://www.solarenergycentre.com/> Solar Energy Centre Denmark
15. <http://www.pv.unsw.edu.au/>. University of New South Wales. Photovoltaics: Devices, Systems and Applications. Christiana Honsberg & Stuart Borden.
16. <http://rredc.nrel.gov/solar/> Solar Radiation Resource Information
17. <http://www.ecobuild.com/> EcoBuild
18. <http://www.ujaen.es/investiga/solar> Guía Solar GreenPeace 2003
19. <http://www.ece.gatech.edu/research/UCEP/> University of Florida - Solar Energy and Energy Conversion Laboratory
20. <http://www.eere.energy.gov/> U.S. Department of Energy Photovoltaics Program
21. <http://www.renewable-energy-world.com> Renewable Energy World. Magazine
22. <http://www.ipcc.ch> IPCC - OMM – PNUMA



Sobre el Autor: René Ruano Domínguez tiene más de 30 años de experiencia en actuaciones en sistemas y equipos energéticos, tanto en los que utilizan energía fósil como fuentes renovables. Se inició como operador, posteriormente tecnólogo y Gerente Técnico en la Industria de Conversión y Refinación de los Combustibles. Ha sido fundador y Gerente Técnico de varios Equipos de Ingeniería Energética dirigidos al Proyecto, Montaje y los Servicios Técnicos en los Sistemas de Calor y Frío, abarcando la generación, distribución y uso del vapor y el agua caliente en mediana y pequeñas instalaciones, hasta 10 bar de presión; y en los sistemas de Frío las bajas temperaturas (refrigeración y producción de hielo industrial), medianas temperaturas (conservación) y altas temperaturas (Aire Acondicionado) para instalaciones industriales y comerciales. Ha realizado múltiples actuaciones en proyectos, ejecución y servicios de Ingeniería Energética General.