

**UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS” - FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA
FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO**

Nº DE RADICACIÓN: _____

INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1

Nombre (s):	Edgar Fernando	
Apellido (s):	Ariza Gabalan	
Código:	20162375011	
E-mail:	Fernandoariza_9208@hotmail.com	
Teléfono fijo:		
Celular:	3214633172	

Ejecutor 2

Nombre (s):	Milton Yesid	
Apellido (s):	Becerra Almanza	
Código:	20162375041	
E-mail:	Miltonxyz28@hotmail.com	
Teléfono fijo:	7632246	
Celular:	3143456819	

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del Proyecto:	Diseño del sistema de ventilación mecánica y aire acondicionado para el auditorio de la facultad tecnológica (universidad distrital Francisco José de Caldas), basado en la norma ANSI/ASHRAE 62.1	
Duración (estimada):	4 meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una “x”)	Innovación y Desarrollo Tecnológico	x
	Prestación y Servicios Tecnológicos	
	Otro	
Modalidad del Trabajo de Grado:	Monografía	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Desarrollo tecnológico local e institucional	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Diseño en ingeniería mecánica	
Áreas del conocimiento que involucra:	Diseño , Termodinámica	

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Director: (Vo. Bo.)	
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	1
0. INTRODUCCIÓN	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 ESTADO DEL ARTE	3
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	4
2. OBJETIVOS	5
2.1 OBJETIVO GENERAL	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3. MARCO TEÓRICO	6
4. METODOLÓGICO	22
5. CRONOGRAMA	22
6. PRESUPUESTO	23
7. BIBLIOGRAFÍA	24

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1: Diagramas T-s y P-v del vapor de agua contenido en el aire húmedo. Dos posibles procesos de saturación de aire: por compresión isoterma (proceso 1-2) y por enfriamiento isobaro (proceso 1-3).	9
Fig. 2: Temperatura de saturación adiabática del aire.	9
Fig. 3: Termómetro de bulbo húmedo.	10

Fig. 4: Esquema del diagrama psicométrico.	11
Fig. 5: Calentamiento de aire húmedo.	12
Fig. 6: Deshumidificación de aire húmedo por enfriamiento por debajo del Punto de rocío.	13
Fig. 7: Humidificación de aire.	14
Fig.8: Procesos de climatización de aire: (a) verano (deshumidificación): Enfriamiento con deshumidificación (1-2) + calentamiento (2-3); (b) invierno (humidificación): calentamiento (1-2) + humidificación (2-3) + calentamiento (3-4).	14
Fig. 9: Esquema de un climatizador de aire.	15

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Diagrama de Gantt.	22
Tabla 2: Tabla de presupuesto.	23

RESUMEN

En este documento se presenta el diseño de un sistema de ventilación mecánica y aire acondicionado, describiendo los parámetros de diseño y variables presentes para el desarrollo del mismo, como también el cálculo de cargas térmicas y renovaciones de aire para un recinto cerrado como lo es el auditorio de la facultad tecnológica de la universidad distrital Francisco José de Caldas , basado en la norma ASHRAE 62.1 “ventilación para una calidad de aire aceptable en edificios residenciales “ y el confort térmico de las personas, con el fin de determinar el tipo de sistema que mejor se ajuste a nuestro requerimiento dando una solución definitiva a este problema y entregando un análisis de costos para que sea tenido en cuenta por la universidad en los planes de inversión.

0. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se identifica la necesidad de realizar el diseño de un sistema de ventilación mecánica y aire acondicionado para el auditorio, debido que en la actualidad dentro de proceso constructivo de edificaciones se recomienda un confort para las personas que se encuentren en estos recintos. Se entiende por confort térmico la sensación de completo bienestar físico, desde un punto de vista de equilibrio en el intercambio de calor. En un ambiente cerrado son cuatro los factores ambientales que intervienen directamente en el confort térmico: temperatura del aire, humedad, movimiento del aire y pureza del aire.

En el documento se plantean establecer los parámetros de diseño para los componentes que intervienen en el sistema de aire acondicionado; además evaluar diferentes modelos que describan el funcionamiento con el propósito de tener la mejor opción para la toma de datos y posterior análisis.

También se evidencia la metodología a usar como parte del proceso la norma ASHRAE 62.1 “ventilación para una calidad de aire aceptable en edificios residenciales “en donde nos da los parámetros o requisitos mínimos tanto para los sistemas de ventilación mecánicos y naturales como para la envolvente del edificio, destinados a proporcionar una calidad aceptable del aire interior en los edificios residenciales para cumplir con el objetivo planteado.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad la planificación y diseño de los sistemas de ventilación así como los de aire acondicionado se han orientado a mejorar la calidad de aire que se suministra al interior de las edificaciones y demás recintos, con el fin de preservar la salud de las personas

Teniendo en cuenta que de acuerdo a la indagación que se realizó, el auditorio no cuenta con un sistema de ventilación o de aire acondicionado, sumado al aumento de la temperatura ambiente en los últimos años por problemas medio ambientales en el mundo, podemos evidenciar que se requiere una solución técnica a la ocupación que puede tener el auditorio cuando se realizan actividades como conferencias, reuniones de alumnos etc., si se estima que alrededor de 250 personas pueden ocupar el sitio, es necesario mejorar las condiciones de los ocupantes de este lugar, ya que pueden presentar molestias al no estar a una temperatura de confort térmico y al no tener una calidad de aire aceptable, se pueden ver afectados con problemas de salud o dificultades para concentrarse en la actividad que estén desarrollando.

Por lo cual se ve la necesidad de desarrollar un proyecto de diseño basado en la norma ASHRAE 62.1 “ventilación para una calidad de aire aceptable en edificios residenciales” y la carga térmica que pueda tener el recinto cuando este con su aforo total, aportando una solución técnica de calidad a la universidad.

1.1. ESTADO DEL ARTE

Debido a los cambios que se han presentado en el clima y la baja calidad del aire, la humanidad se ha visto en la necesidad de desarrollar sistemas que ayuden a mejorar las condiciones de confort a su alrededor. A partir de esto se generan investigaciones en el campo de la calidad del aire, utilizando sistemas de ventilación con porcentajes altos de filtración e implementado los avances tecnológicos en los sistemas para dar soluciones a una necesidad preservando el ambiente y la calidad de vida.

Hay varias fuentes bibliográficas que podemos tener en cuenta, como lo es la información suministrada por la ASHRAE en una norma [1], donde estudian y especifican las tasas mínimas de ventilación para edificaciones nuevas o existentes, ayudando a determinar parámetros para el diseño de sistemas de ventilación, dándonos una guía para mejorar la calidad del aire interior en edificaciones y hallar los caudal necesario en el auditorio, teniendo como objetivo principal preservar la salud humana; además tomamos en cuenta para el análisis psicrométrico lo descrito por el autor Miguel Hadzich [2], donde hace un análisis psicrométrico para el diseño de sistemas de aire acondicionado, donde dan pautas para hallar parámetros iniciales de temperatura y humedad, obteniendo datos necesarios para el inicio de diseños de este tipo.

Con relación a las ventilaciones que se van a proponer vamos a catálogo de la marca Soler & Palau [3], donde los autores describen conceptos básicos para el diseño y selección de las ventilaciones más optimas de acuerdo a la aplicación que se requiere dar a estos equipos, así mismo nos dan el planteamiento para calcular la caída de presión en los conductos y ejemplos claros de la manera en que debemos abordar el tema; en cuanto la realización de proyectos en Colombia de este tipo o similares, el autor Sebastián Villegas [4] realizo el diseño de un sistema de aire acondicionado para un quirófano donde determina parámetros de diseño y calcula la carga térmica al recinto que deseaba proponer el diseño del sistema de aire acondicionado.

Respecto al cálculo de carga computarizado de cargas térmicas, los autores Agustín Valverde y Mario Álvarez [5] donde exponen la manera de utilizar una herramienta informática para el cálculo de cargas térmicas y además exponen cuales son los parámetros iniciales para la selección de equipos; por otro lado la ASHRAE [6] donde nos entregan un manual de fundamentos para el cálculo de la carga de enfriamiento de un área determinada.

Para la especificación de los equipos, tomaremos la información suministrada por la empresa TRANE [7], donde realizan una descripción minuciosa de cada uno de los sistemas de aire acondicionado que se puede utilizar y sus características principales, dándonos de esta manera y junto con los parámetros previamente obtenidos una idea clara de los equipos que se deben utilizar para nuestro diseño, optando por soluciones técnicas de gran acogida , amigables con el medio ambiente y de una eficiencia alta.

Por su parte el autor Néstor Quadri, no ilustra desde los principios básicos del aire acondicionado, pasando por confort térmico, calidad de aire y descripción de equipos, para emitir como datos finales la elección de los sistemas adecuados para instalar.

Como podemos evidenciar, hay diversas fuentes de información que nos pueden ayudar a desarrollar nuestro diseño de una manera efectiva y con soluciones técnicas actuales, basados en parámetros ya estudiados por diferentes autores dando la factibilidad a desarrollar proyectos como estos.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El presente proyecto se realizara de forma conjunta para el desarrollo del diseño de un sistema de ventilación mecánica y aire acondicionado para el auditorio de la facultad tecnológica de la universidad distrital, en donde es necesaria la implementación de dicho sistema para el confort de las personas reunidas en el auditorio, ya que se estima un aproximado de 320 personas que se pueden reunir dentro del recinto logrando un aumento de temperatura por la transferencia de calor entre los cuerpos, en donde la temperatura exterior influye aún más el aumento del recinto que se ve reflejado a una inconformidad al no tener una calidad de aire aceptable o tener dificultades para concentrarse en la actividad que se esté desarrollando hasta tener posibles problemas de salud a corto plazo.

El desarrollo de este proyecto nos basaremos principalmente en la norma ASHRAE 62.1 “ventilación para una calidad de aire aceptable en edificios residenciales “con ayuda de un software llamado CYPE, en donde se obtendrá todo el análisis de cargas térmicas y caudales, para el proceso de implementación de un sistema eficiente y un bajo costo que cumplan con las condiciones más óptimas de desempeño y funcionamiento, para que en un futuro se logre la ejecución y puesta en marcha de este proyecto, para el beneficio de toda la comunidad universitaria que se verá favorecida completamente por un sistema que ayudara a la comodidad y confort de un recinto que este a la altura que se merece la universidad distrital.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de ventilación mecánica y aire acondicionado basado en la norma ANSI/ASHRAE 62.1- 2010 (Ventilación para una calidad aceptable del aire interior) para el auditorio de la facultad tecnológica de la universidad distrital Francisco José de Caldas.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diagnosticar las condiciones ambientales y psicométricas que el diseño del sistema de ventilación mecánica y aire acondicionado debe satisfacer.
- Diseñar la distribución de ductos de suministro, extracción de aire y cálculo de carga térmica utilizando el software CYPE, caudales de aire para el auditorio, con el fin de determinar las especificaciones técnicas del sistema de ventilación y aire acondicionado.
- Determinar el análisis de costos, basados en las especificaciones técnicas y cálculos obtenidos en diseño de los sistemas.

3. MARCO TEORICO

3.1 AIRE ACONDICIONADO

El Acondicionamiento de Aire, consiste en el enfriamiento o calentamiento del aire atmosférico en un ambiente interior con el fin de establecer y mantener los estados requeridos de temperatura, humedad, limpieza y movimiento. Este tratamiento comprende también la ventilación de ambientes.

- Temperatura
- Humedad: humedecer y/o secar
- Limpieza
- Movimiento

Las aplicaciones del Aire Acondicionado son muy diversas, aquí algunas de las principales:

- Industria Textil, industria fotográfica, imprenta.
- Salas de cómputo, auditorios, instalaciones médicas, instalaciones bancarias.
- Conservación de productos, secado de productos. [2]

3.2 PSICROMETRÍA

3.2.1 EL AIRE HÚMEDO [8]

La Psicrometría estudia las propiedades de las mezclas de gases permanentes con vapores condensables. El caso más importante es la mezcla de aire con vapor de agua. Sin embargo, existen otras mezclas de interés industrial, como pueden ser vapores valiosos mezclados con aire o con otros gases permanentes (es el caso de la recuperación de disolventes en instalaciones de pintura). El estudio que se hace de otras mezclas es paralelo al de las mezclas aire-agua, sólo que en lugar de hablar de humedad se habla de saturación. El aire está compuesto de varios componentes (oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono, helio, etc.), que nunca condensan en las aplicaciones habituales. Además, el aire incluye vapor de agua que puede condensar al enfriarse, o que se puede añadir al aire por vaporización de agua o mezcla con vapor. Consideraremos todos los componentes no condensables como aire seco, y el vapor de agua como humedad.

La diferencia fundamental del estudio de las mezclas aire-agua respecto a las mezclas de gases es que la base de cálculo no es la masa total del sistema, sino la masa de aire seco; así, en vez de fracción molar se habla de humedad molar, la entalpía específica no es por 1 kg de mezcla sino por 1 kg de aire seco, etc.

3.2.2 LA HUMEDAD RELATIVA [8]

La humedad relativa ϕ es la relación entre la cantidad de vapor de agua contenido en cierta masa de aire y el que éste contendría si estuviese saturado de humedad a la misma temperatura. Suele expresarse en %:

$$\phi = \left(\frac{m_v}{m_v^{sat}} \right)_T = \frac{p_v}{p_s^{(T)}}$$

La humedad relativa es también la relación entre la presión de vapor y la presión de saturación a la misma temperatura (se deduce aplicando la ecuación de estado del GI): cociente p_1/p_2 .

3.2.3 HUMEDAD ABSOLUTA [8]

La humedad absoluta indica cuántos kilogramos de vapor de agua acompañan a cada kilogramo de aire seco. Se relaciona con la presión parcial de vapor como sigue:

$$\omega \equiv \frac{m_v}{m_a} = \frac{M_v N_v}{M_a N_a} = 0,622 \frac{p_v}{p_a} = 0,622 \frac{p_v}{P - p_v} = 0,622 \frac{\phi p_s}{P - \phi p_s}$$

3.2.4 VOLUMEN ESPECÍFICO DEL AIRE HÚMEDO [8]

$$v_h = \left(\frac{1}{29} + \frac{\omega}{18} \right) \frac{RT}{P} \quad [\text{m}^3/\text{kg a.s.}]$$

3.2.5 DENSIDAD DEL AIRE HÚMEDO [8]

$$\rho = \frac{\text{masa}}{v_{\text{total}}} = \frac{m_a + m_v}{m_a v_h} = \frac{1 + \omega}{v_h} \quad [\text{kg a.h./m}^3]$$

3.2.6 ENTALPÍA ESPECÍFICA DEL AIRE HÚMEDO POR KG DE AIRE SECO

[8]

La entalpía del aire seco se puede calcular como la entalpía de un gas ideal; la entalpía del vapor, leyendo en las tablas de vapor de agua. Sin embargo, en psicrometría se suelen emplear expresiones sencillas suponiendo calores específicos constantes:

$$h_a = h_{a,ref} + c_{p,a}(T - T_{ref}) \quad (\text{aire seco})$$

$$h_v = h_{g,ref} + c_{p,v}(T - T_{ref}) \quad (\text{vapor de agua})$$

$$h = h_a + \omega h_v \quad (\text{aire húmedo})$$

$$h_f = h_{f,ref} + c_{p,liq}(T - T_{ref}) \quad (\text{agua líquida})$$

3.3 TEMPERATURAS CARACTERÍSTICAS DEL AIRE HÚMEDO

Para poder realizar balances de energía con aire húmedo, es necesario conocer la entalpía del aire, y ésta depende de la humedad absoluta (ec. [9.25c]), además de la temperatura. Existen varios métodos de determinación de la humedad absoluta del aire. Tres de ellos se basan en la medida de la temperatura final de un proceso determinado: temperatura de rocío, temperatura de saturación adiabática y temperatura de bulbo húmedo. [8]

3.3.1 TEMPERATURA DE ROCÍO

Temperatura de rocío es aquella para la cual se alcanza la saturación tras un enfriamiento isobaro.

Se determina enfriando el aire, y observando cuál es la temperatura a la que se inicia la condensación, observando el empañamiento de una placa metálica brillante. Como el proceso de enfriamiento es isobaro, la presión de saturación del agua a esa temperatura de rocío, será la presión parcial del vapor estudiado.

El enfriamiento hasta el punto de rocío es el proceso 1–3 de la Figura 9.4. El punto 3 es aire saturado, es decir, mezcla de aire y vapor de agua saturado. Otro proceso de saturación de aire (pero distinto del punto de rocío) es la compresión isoterma (proceso 1–2 de la Figura 9.4). Si el aire se continúa enfriando por debajo de la temperatura de rocío, punto 3 (o se continúa comprimiendo por encima del punto 2), se separa agua líquida (formación de niebla). En caso de que la temperatura de rocío sea menor que el punto triple

del agua (0,01 °C), en vez de agua líquida se forma hielo, es decir, escarcha. [8]

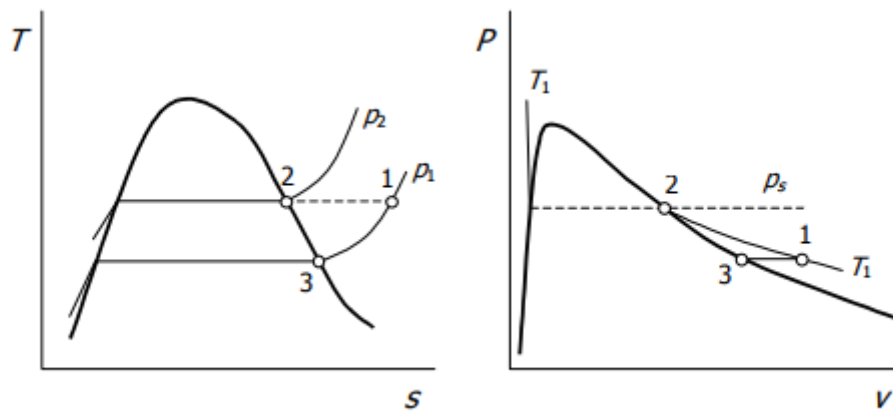


Fig. 1: Diagramas T-s y P-v del vapor de agua contenido en el aire húmedo. Dos posibles procesos de saturación de aire: por compresión isoterma (proceso 1-2) y por enfriamiento isobaro (proceso 1-3). Tomado del Tema 09 – Aire Húmedo.

3.3.2 TEMPERATURA DE SATURACIÓN ADIABÁTICA

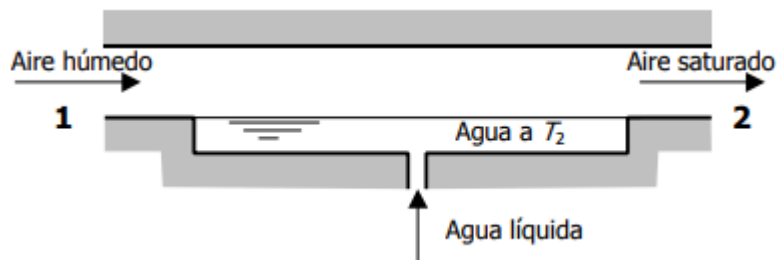


Fig. 2: Temperatura de saturación adiabática del aire. Tomado del Tema 09 – Aire Húmedo.

Cuando se mezcla adiabáticamente agua líquida con aire húmedo, el aire se humidifica (aumenta su humedad absoluta), y generalmente, cambia su temperatura. El proceso puede continuar hasta que el aire se satura. La temperatura final del aire saturado depende de las condiciones iniciales del aire húmedo y de la temperatura del agua.

El concepto de saturación adiabática describe un caso especial de saturación de aire, en el que la temperatura final del aire saturado es exactamente igual a la del agua de alimentación. Para unas condiciones dadas de aire húmedo (P , T y ω), hay un valor único de temperatura de saturación adiabática.

La relación entre la temperatura de saturación adiabática T_2 y las condiciones del aire P_1 , T_1 y ω_1 , se puede deducir a partir de las ecuaciones de balance de materia y energía:

- balance másico de aire: $\dot{m}_{a2} = \dot{m}_{a1} = \dot{m}_a$ [kg a.s./s]
- balance másico de agua: $\dot{m}_a \omega_2 = \dot{m}_a \omega_1 + \dot{m}_L$ [kg vapor/s]
- balance energético: $\dot{m}_a h_2 = \dot{m}_a h_1 + \dot{m}_L h_{f2}$ [kJ/s]

Se puede despejar ω_1 en función de T_2 . De este modo, midiendo T_2 se puede calcular la humedad específica inicial del aire húmedo:

$$\omega_1 = \frac{c_{pa}(T_2 - T_1) + \omega_2(h_{fg0} + c_{pv}T_2 - h_{f2})}{h_{fg0} + c_{pv}T_1 - h_{f2}}$$

Donde ω_2 se puede calcular a partir de

$$\omega_2 = \omega_s = 0,622 \frac{p_s(T_2)}{P - p_s(T_2)} \quad [8]$$

3.3.3 TEMPERATURA DE BULBO HÚMEDO

La medida de la humedad absoluta con los dos métodos anteriores (punto de rocío y temperatura de saturación adiabática) es poco práctica:

- Para medir el punto de rocío se necesita disponer de un sistema de refrigeración, que sea capaz de enfriar el aire de modo controlado;
- Y la medida de la temperatura de saturación adiabática nos obliga a añadir agua exactamente a la temperatura que se pretende medir, lo cual sólo es posible por prueba y error.

La temperatura de bulbo húmedo depende de la velocidad de transferencia de calor (se establece un flujo de calor entre el agua del paño y el aire del entorno, más caliente) y de la velocidad de transferencia de materia (flujo de agua desde el paño al aire). El parámetro que mide el cociente entre estos dos procesos es el número de Lewis, Le : cociente entre la difusividad térmica, α , y la difusividad másica, D :

$$Le = \alpha / D$$

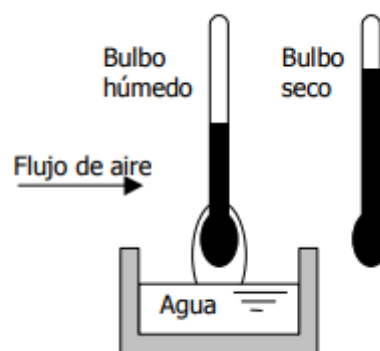


Fig. 3: Termómetro de bulbo húmedo Tomado del Tema 09 – Aire Húmedo.

Para el aire, el número de Lewis es muy próximo a la unidad. Por este motivo, la temperatura de bulbo húmedo es prácticamente igual a la temperatura de saturación adiabática. De este modo, midiendo simultáneamente la temperatura de bulbo seco T_1 y la de bulbo húmedo T_2 , se puede calcular la humedad absoluta. [8]

3.4 DIAGRAMA PSICROMÉTRICO

El diagrama psicrométrico es la representación gráfica de las propiedades del aire húmedo, a una determinada presión total (generalmente, a 1 atm estándar = 101,325 kPa). Se representa en ordenadas la humedad absoluta ω , y en abscisas la temperatura t del aire (temperatura de bulbo seco), Figura 9.7. Atraviesan el diagrama una serie de isólineas: de humedad relativa ϕ constante; de temperatura de bulbo húmedo t_w y de saturación adiabática t_s constantes (que en el sistema aire-agua coinciden); así como líneas de isoentálpicas $h = \text{cte.}$ o isocoras $v = \text{cte.}$ [8]

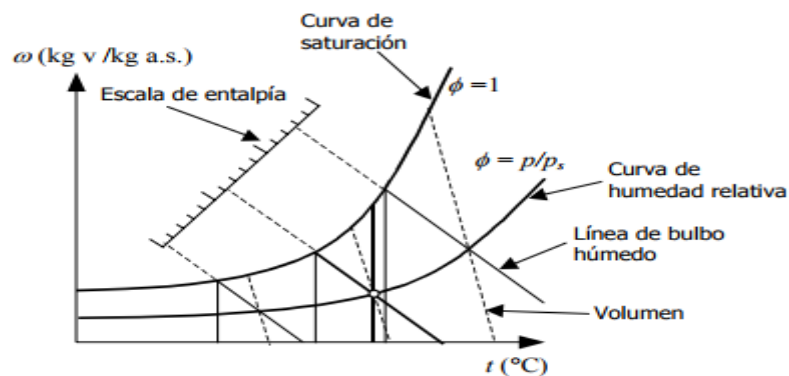


Fig. 4: Esquema del diagrama psicrométrico
Tomado del Tema 09 – Aire Húmedo.

3.5 PROCESOS CON AIRE HÚMEDO

Se consideran aquí diversos procesos de transferencia de calor y masa en los que interviene una corriente de aire húmedo. La humidificación tiene por objeto aumentar el contenido de vapor de agua de una masa de aire, y se consigue añadiendo vapor (es lo mejor) o añadiendo agua pulverizada (o pasando aire a través de materiales húmedos). [8]

3.5.1 CALENTAMIENTO

El calentamiento isobaro (Figura 5) no modifica la presión parcial del vapor, ni por tanto su humedad absoluta. Pero sí disminuye la humedad relativa. [8]

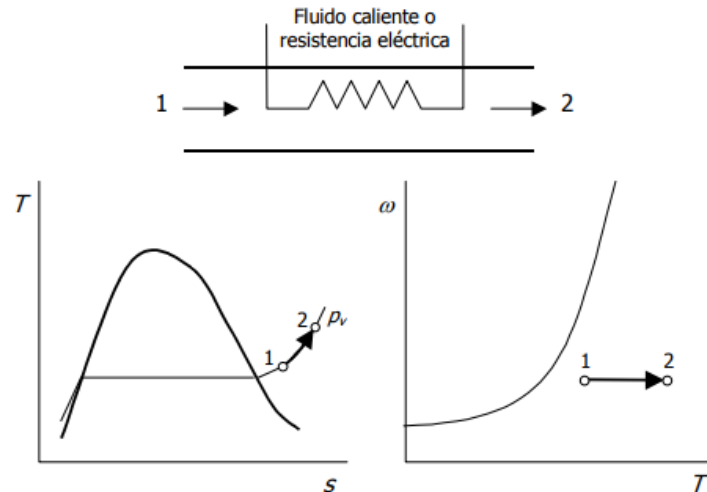


Fig. 5: Calentamiento de aire húmedo
Tomado del Tema 09 – Aire Húmedo.

La cantidad de calor necesaria viene dada por el balance de energía:

$$Q_{12} = m_a(h_2 - h_1) = m_a(c_{pa} + \omega c_{pv})(T_2 - T_1)$$

3.5.2 ENFRIAMIENTO Y DESHUMIDIFICACIÓN

El enfriamiento isobaro (Figura 6), si se realiza hasta temperaturas por debajo del punto de rocío (T_r), produce condensación parcial de la humedad. El aire sale saturado (2), pero con menor humedad absoluta; el agua condensada (3) es un líquido saturado, a la misma temperatura de salida que el aire. Este proceso es la manera más sencilla de reducir la humedad absoluta del aire.

Del balance de materia de agua se deduce la cantidad retirada:

$$\dot{m}_L = \dot{m}_3 = \dot{m}_a(\omega_1 - \omega_2)$$

La cantidad de calor necesaria se deduce del balance de energía:

$$\dot{Q}_{12} = \dot{m}_a(h_2 - h_1) + \dot{m}_L h_{f3} < 0$$

En muchas aplicaciones prácticas se busca reducir sólo la humedad, sin cambiar la temperatura. Para esto, después del enfriamiento habría que volver a calentar el aire (Figura 9.11a). En la Figura 9.12 se muestra el esquema de

un climatizador de aire (incluye también la posibilidad de humidificar, ver apartado siguiente).

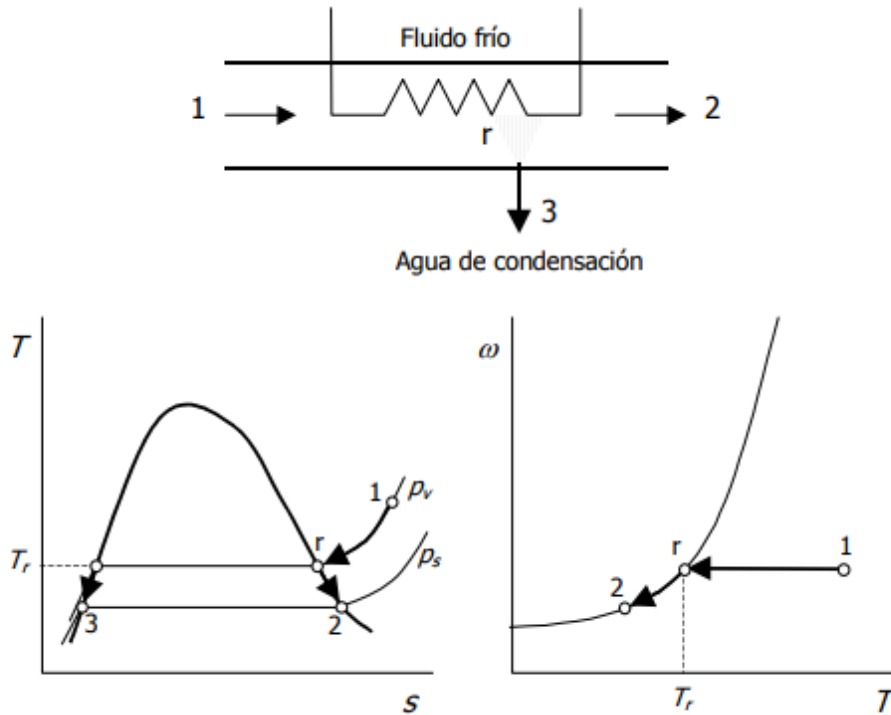


Fig. 6: Deshumidificación de aire húmedo por enfriamiento por debajo del Punto de rocío, Tomado del Tema 09 – Aire Húmedo.

[8]

3.5.3 HUMIDIFICACIÓN DE AIRE HÚMEDO

Se puede incrementar la humedad absoluta del aire añadiendo vapor o agua líquida pulverizada. Si se añade líquido (Figura 6), el aire se enfría a la vez que se humidifica. Por eso, este proceso sirve también como método de enfriamiento de agua por evaporación.

El balance de materia de agua requiere

$$\dot{m}_L = \dot{m}_a(\omega_2 - \omega_1)$$

Y el de energía (despreciando el cambio de temperatura del exceso de agua)

$$\dot{m}_a h_1 + \dot{m}_L h_L = \dot{m}_a h_2$$

Combinando

$$h_1 + (\omega_2 - \omega_1)h_L = h_2$$

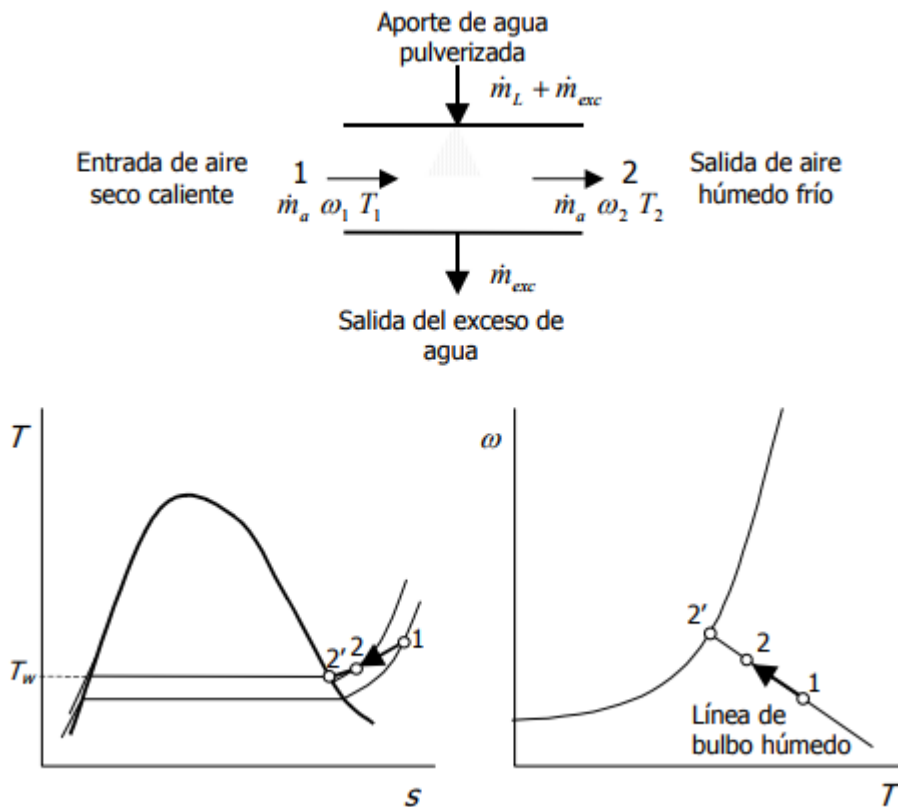


Fig. 7: Humidificación de aire
Tomado del Tema 09 – Aire Húmedo.

La energía de la corriente de agua líquida inyectada es mucho menor que la energía de las corrientes de aire húmedo: $h_2 \cong h_1$, y un proceso de enfriamiento por evaporación se aproxima a una isoentálpica, lo mismo que la línea de bulbo húmedo. Hay un límite en la temperatura mínima (y en la humedad máxima) que puede alcanzarse en este proceso, que es el estado de aire saturado indicado como 2'. [8]

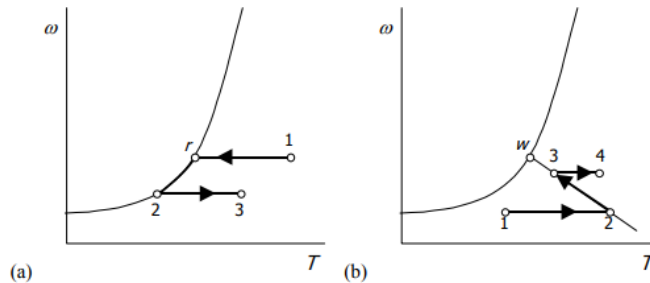


Fig. 8: Procesos de climatización de aire: (a) verano (deshumidificación): Enfriamiento con deshumidificación (1-2) + calentamiento (2-3); (b) invierno (humidificación): calentamiento (1-2) + humidificación (2-3) + calentamiento (3-4),
Tomado del Tema 09 – Aire Húmedo.

3.5.4 LA CLIMATIZACIÓN DE AIRE

Que requiere aumento de la humedad del aire incluye, además de la humidificación, dos procesos de calentamiento, antes y después de la humidificación (Figura 7.b). En la Figura 8 se muestra el esquema de un climatizador de aire, capaz de regular tanto la temperatura como la humedad del aire. La humidificación puede realizarse añadiendo vapor de agua en vez de agua líquida; en ese caso, aumenta la humedad del aire, pero no se produce el efecto de enfriamiento. [8]

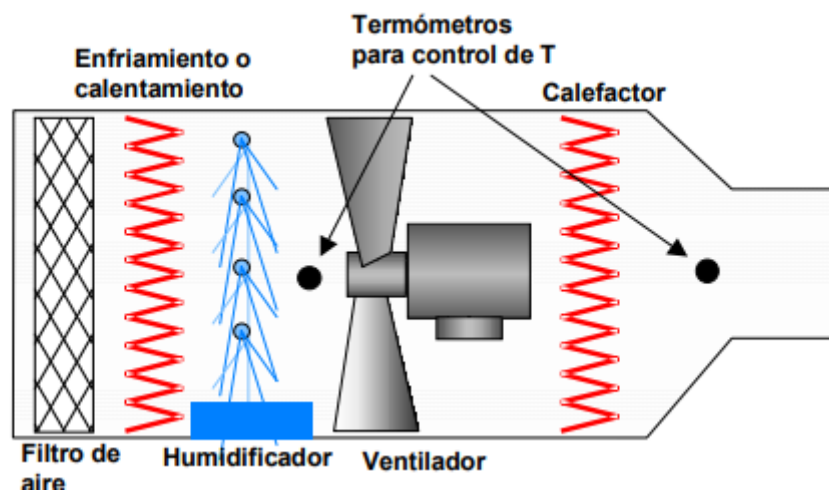


Fig. 9: Esquema de un climatizador de aire
Tomado del Tema 09 – Aire Húmedo.

3.6 VENTILACIÓN MECÁNICA

La función de ventilación, consiste en la entrada de aire exterior, para renovar permanentemente el aire de recirculación del sistema en las proporciones necesarias a fin de lograr un adecuado nivel de pureza, dado que como resultado del proceso respiratorio, se consume oxígeno y se exhala anhídrido carbónico, por lo que debe suministrarse siempre aire nuevo a los locales para evitar que se produzcan viciamientos y olores. [9]

3.6.1 PRESIONES [3]

Si el conducto es horizontal o la diferencia es inferior a 100 metros, la presión por diferencia de altura es cero.

La presión estática P_e actúa en todos los sentido del conducto. Se manifiesta en el mismo sentido y en el contrario de la corriente.

La presión dinámica actúa en el sentido de la velocidad del aire.

La presión total es constante en todos los puntos del filete de fluido considerado y su expresión es:

$$P_t = P_e + P_d$$

3.6.2 CLASIFICACION DE LOS VENTILADORES

3.6.2.1 VENTILADOR CENTRIFUGO [3]

En estos aparatos la trayectoria de la velocidad del aire sigue una dirección axial a la entrada y paralela a un plano radial a la salida. Entrada y salida están en ángulo recto

3.6.2.2 VENTILADORES AXIALES [3]

La entrada de aire al aparato y a la salida sigue una trayectoria según superficies cilíndricas coaxiales

3.6.2.3 VENTILADORES TRANSVERSALESES [3]

La trayectoria del aire en el rodete de estos ventiladores es normal al eje tanto a la entrada como a la salida, cruzando el cuerpo del mismo.

3.6.2.4 VENTILADORES HELICOCENTRIFUGO [3]

El aire entra como en los axiales y sale igual que en los centrífugos.

3.7 NORMA ANSI/ASHRAE STANDARD 62.1-2010

El objetivo de este estándar es especificar las tasas mínimas de ventilación y otras medidas para suministrar una calidad de aire interior, que sea adecuada para la ocupación humana y minimice los efectos negativos sobre la salud. [3]

3.7.1.1 PROPÓSITO

1. El propósito de esta norma es especificar las tasas mínimas de ventilación y otras medidas destinadas a proporcionar una calidad de aire interior que sea aceptable para los ocupantes humanos y que minimice efectos adversos para la salud.

2. Este estándar está destinado a la aplicación reglamentaria a nuevos edificios, adiciones a edificios existentes y aquellos cambios a edificios existentes que están identificados en el cuerpo del estándar.}
3. Este estándar está destinado a ser utilizado para guiar la mejora de la calidad del aire interior en edificios existentes. [3]

3.7.1.2 ALCANCE

- Esta norma se aplica a todos los espacios destinados a la ocupación humana, excepto aquellos dentro de casas unifamiliares, estructuras multifamiliares de tres pisos o menos sobre el nivel del jardín, vehículos y aeronaves.
- Los requisitos adicionales para laboratorio, industria, cuidado de la salud y otros espacios pueden estar dictados por el lugar de trabajo y otros estándares, así como también los procesos que ocurren dentro del espacio.
- Aunque la norma se puede aplicar tanto a edificios nuevos como a existentes, las disposiciones de esta norma no están destinadas a aplicarse retroactivamente cuando la norma se utiliza como un reglamento o código obligatorio.
- Este estándar no prescribe requisitos específicos de velocidad de ventilación para espacios que contienen tabaco o que no cumplen con los requisitos del estándar para la separación de espacios que contienen tabaco.

Este estándar contiene requisitos, además de la ventilación, relacionados con ciertas fuentes, incluido el aire exterior, los procesos de construcción, la humedad y el crecimiento biológico. [3]

3.7.1.3 SISTEMAS Y EQUIPOS [3]

- **Proyectos de Air Balancing.** El sistema de distribución de aire de ventilación debe estar provisto de medios para ajustar el sistema para lograr al menos el flujo de aire de ventilación mínima como requiere la Sección 6 bajo cualquier condición de carga.

- **Documentación.** Los documentos de diseño especificarán los requisitos mínimos para las pruebas de balance de aire o las normas nacionales de referencia aplicable para medir y equilibrar el flujo de aire. La documentación de diseño deberá indicar suposiciones que se hicieron en el diseño con respecto a las tasas de ventilación y de distribución de aire.
- **Conducto de escape Ubicación.** Los conductos de salida que transmiten contaminantes potencialmente nocivos se presurizarán negativamente con respecto a los espacios por los que pasan, de manera que el aire de escape no puede filtrarse en espacios ocupados; de suministro, retorno, o conductos de aire exterior; o cámaras de aire.
- **Controles del sistema de ventilación.** Sistemas de ventilación mecánica, incluirán controles manuales o automáticos, que permiten que el sistema del ventilador en marcha cada vez estén ocupados los espacios servidos. El sistema deberá estar diseñado para mantener no menos que el flujo de aire exterior mínima requerido en la cláusula 6, bajo cualquier condición de carga.
- **Superficies corrientes de aire.** Todas las superficies de corriente de aire en equipos y conductos en la calefacción, ventilación y sistema de aire acondicionado deben estar diseñadas y construidas de acuerdo con los siguientes requisitos.
 - ✓ Resistencia al crecimiento de moho. Superficies de materiales se determinarán para ser resistente al crecimiento de moho de acuerdo con un método de ensayo normalizado, tal como el “crecimiento de moho y ensayo de humedad” en UL 181, 3 ASTM C 1338, 4 o métodos de ensayo comparables.
 - ✓ Resistencia a la erosión. materiales de la superficie de la corriente aérea serán evaluadas de acuerdo con el “ensayo de erosión” en UL 181 3 y no podrá romper, crack, pelar, descascara, o mostrar evidencia de deslaminación o erosión continua bajo condiciones de prueba.
- **Entradas de aire exterior.** Sistema de ventilación tomas al aire libre deben ser diseñados de acuerdo con lo siguiente.
 - ✓ **Ubicación.** Tomas de aire en el exterior (incluyendo aberturas que se requieren como parte de un sistema de ventilación natural) estarán situados de tal manera que la distancia más corta desde

la toma a cualquier fuente específica al aire libre contaminante potencial deberá ser igual o mayor que la distancia de separación.

- ✓ **lluvia arrastre.** tomas de aire exterior que forman parte del sistema de ventilación mecánica deberán ser diseñados para gestionar el arrastre de lluvia de acuerdo con una cualquiera de las siguientes:

Limitar la penetración de agua a través de la ingesta de 0,07 oz / ft² por hora (21,5 g / m² · h) de la zona de entrada cuando se probó usando el aparato de prueba de lluvia describe en la Sección 5.8 de UL 1995. 12 segundo. Seleccione rejillas que limitan la penetración de agua a un máximo de 0,01 oz / ft² (3g / m²) de área libre de persiana a la velocidad máxima de admisión. Esta tasa de penetración de agua se determinará para una duración mínima de ensayo de 15 minutos cuando se somete a un caudal de agua de 0,25 gal / min (16 ml / s) como se describe en la prueba de penetración de agua en AMCA 500-L 13 o equivalente. Administrar el agua que penetra en la rejilla, proporcionando un área de drenaje y / o dispositivos de eliminación de humedad.

- **Aire de combustión.** Combustible de quema de electrodomésticos, tanto con la atmósfera y sin ventilación, se proporcionan con suficiente aire para la combustión y la eliminación adecuada de los productos de la combustión de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Productos de la combustión de los aparatos ventilados deberán ser ventilados directamente al aire libre.
- **Eliminación de Material Particulado.** Filtros de partículas o filtros de aire que tienen un valor de informes eficiencia mínima (MERV) de no menos de 6 cuando nominal de acuerdo con ANSI / ASHRAE 52.2 15 se facilitará aguas arriba de todas las bobinas de refrigeración o de otros dispositivos con superficies húmedas a través del cual se suministra aire a un espacio ocupable.
- **Bobinas de tubo con aletas e intercambiadores de calor**
 - ✓ **Bandejas de drenaje.** Una bandeja de drenaje de acuerdo con la Sección 5.10 será proporcionada debajo de todos los conjuntos de batería de enfriamiento de deshumidificación como todos los intercambiadores de calor de condensadas productoras.
 - ✓ **Selección de tubo con aletas de la bobina para la limpieza.** bobinas individuales de tubos con aletas o varias bobinas de tubo con aletas en serie, sin espacio intermedio (s) de acceso de al menos 18 pulg. (457 mm) serán seleccionados para dar lugar a no

más de 0,75 pulg. wc (187 Pa) combinado bobina seca la caída de presión a 500 pies por minuto (2,54 m / s) velocidad de cara.

- **Humidificadores y sistemas de agua-Spray.** De vapor y evaporación directa humidificadores, lavadores de aire, y otros sistemas de aspersion de agua deben ser diseñados de acuerdo con esta sección.
 - ✓ **Calidad del Agua.** El agua debe provenir directamente de una fuente potable o de una fuente con una calidad igual o mejor agua.
 - ✓ **Las obstrucciones.** Los filtros de aire u obstrucciones de conductos, tales como paletas de giro, amortiguadores de volumen, y las compensaciones de conductos mayores de 15 grados, que están instalados aguas abajo de los humidificadores o sistemas de pulverización de agua estarán situados a una distancia igual o mayor que la distancia de absorción recomendado por el humidificador o pulverización de agua fabricante del sistema.

- **Acceso para la inspección, limpieza y mantenimiento**
 - ✓ **Ventilación acceso Equipo.** Las puertas de acceso, paneles u otros habrá medios y dimensionadas para permitir el acceso cómodo y expedito suficiente para inspeccionar, mantener y calibrar todos los componentes del sistema de ventilación para lo cual es necesaria la inspección de rutina, mantenimiento o calibración. los componentes del sistema de ventilación comprenden, por ejemplo, aire de manipulación de unidades, unidades de fan-coil, bombas de calor agua-agua, otras unidades terminales, controladores, y sensores.
 - ✓ **Sistema de distribución de aire.** Las puertas de acceso, paneles, u otros medios deberán ser proporcionados en equipos de ventilación, conductos y cámaras de aire, situadas y dimensionadas para permitir el acceso cómodo y expedito para la inspección, limpieza y mantenimiento de rutina.

- **Sobre y Superficies interiores de construcción.** La envolvente del edificio y las superficies interiores dentro de la envolvente del edificio deben ser diseñadas de acuerdo con lo siguiente.

- ✓ **La condensación en las superficies interiores.** Tuberías, conductos, y otras superficies dentro del edificio cuyas temperaturas de superficie son espera que caiga por debajo de la temperatura de punto de rocío que rodea deberá estar aislado. Las características de resistencia y materiales térmicos del sistema de aislamiento deberán ser suficientes para evitar la formación de condensación en la superficie expuesta y dentro del material aislante.

4. METODOLOGIA

Para empezar se debe realizar el estudio de psicrometría para tener los parámetros de iniciales que requiere nuestro diseño y el análisis de la norma ASHRAE que vamos a tener en cuenta para determinar las rates mínimas de ventilación, con el fin de tener los datos de entrada a el software para proceder con el cálculo de cargas térmicas y caudales de aire necesarios.

En los cálculos tendremos en cuenta el análisis de psicrometría que se propone para iniciar el proyecto, posteriormente se realizara un análisis de datos con el fin de tomar una decisión para la especificación de los sistemas que se proponen en el diseño.

Después se tomara el plano del auditorio de la facultad tecnología para empezar con la distribución de conductos, rejillas y ubicación de equipos. Pará proceder con el análisis de costos debemos realizar el cálculo de cantidades de obra de acuerdo al diseño y terminar por concluir con un análisis de costos.

5. CRONOGRAMA

PROYECTO	CRONOGRAMA															
	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Diseño del sistema de ventilación mecánica y aire acondicionado para el auditorio																
ACTIVIDADES																
A.	█	█	█	█												
B.					█	█	█	█								
C.								█	█	█	█					
D.											█	█	█			
E.													█	█	█	
F.															█	█

Tabla 1: Diagrama de Gantt. Fuente. Autores

El diagrama de Gantt se realizó de acuerdo a las siguientes actividades:

- **A:** Estudio de psicrometría.
- **B:** Calculo de cargas térmicas y caudales de los sistemas.
- **C:** Establecer las especificaciones de los equipos.
- **D:** Diseño de los sistemas en el plano, ductos, equipos y rejillas etc.
- **E:** Análisis de costos.
- **F:** Conclusiones.

6. PRESUPUESTO

El presupuesto será destinado solo a gastos de préstamo de herramientas de medición y papelería, ya que este proyecto está basado principalmente en el diseño no tiene costos varios.

ITEM	DESCRIPCION	CANT	UNIDAD MEDIDA	VALOR
1	Préstamo Herramienta	1	Glb	\$ 200.000,00
2	Papelería	1	Glb	\$ 100.000,00
Total				\$ 215.000,00

Tabla 2: Tabla de presupuesto. Fuente. Autores

En el presupuesto no se tiene en cuenta un rublo por la utilización software de diseño ya que se tomara un mes de prueba que permite el software para desarrollar nuestro estudio de cargas térmicas.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2010, "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality".
- [2] Miguel Hadzich, "TERMODINAMICA problemas y aplicaciones de ingeniería "Lima-Perú 2006."
- [3] Editorial Salvador Escoda s.a. y Soler & Palau "Manual Práctico de Ventilación ".
- [4] Sebastián Villegas A, "Diseño del sistema de aire acondicionado para el área de quirófanos de la clínica la sagrada familia", Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingeniería Mecánica 2016.
- [5] Agustín Valverde y Mario Álvarez "método de cálculo computarizado para la determinación de las cargas térmicas de refrigeración, aire acondicionado y selección de equipos" Agosto de 2016, Universidad Tecnológica de Pereira.
- [6] ASHRAE, Fundamentals Handbook, Cooling Load Calculation, ed. 2001.
- [7] TRANE, equipos para aire acondicionado y refrigeración, catálogos.
- [8] "Tema 09, Aire Húmedo "campus tecnológico de la universidad de navarra. Paseo de Manuel Iardizábal 13. 20018 Donostia-san Sebastián, 2004, <http://www4.tecnun.es/asignaturas/termo/Temas/Tema09-AireHumedo.pdf>.
- [9] Néstor Quadri, "Sistemas de Aire Acondicionado ", edición 1 de 2001.