

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI



Implementación del sistema de refrigeración Venturi como método de reducción de temperatura ambiente dentro de una vivienda de interés prioritario ubicada en la ciudad de Girardot Cundinamarca.

Ronald Alejandro Hernández chaguala

Corporación universitaria minuto de dios

Rectoría

Centro regional Girardot

Ingeniería civil

2019, Junio

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

Sistema de refrigeración Venturi

Ronald Alejandro Hernández Chaguala

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Civil

Asesor:

Ingeniero Civil Aldemaro Manuel Gulfo Mendoza

Corporación universitaria minuto de dios

Rectoría

Centro regional Girardot

Ingeniería Civil

2019, Junio

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

DEDICATORIA

Expreso mi dedicatoria primordialmente a Dios, por darme la vida, las fuerzas necesarias para no decaer en el transcurrir de esta carrera, por superar cada obstáculo que se presenta en mi camino, por la sabiduría, inteligencia, por las capacidades cognitivas y destrezas para realizar, ejecutar o decir algo, la seguridad en la toma de decisiones.

Dedico esta monografía a mis padres quienes me acompañaron durante mi formación profesional, quienes estuvieron presentes en la ejecución de mi trabajo de grado, me ayudaron en la construcción y aplicación de la misma. Sin ellos nada de esto hubiese sido posible.

Dedico también al ingeniero Aldemaro Manuel Gulfo Mendoza, quien fue mi tutor, y quien encamino mi proyecto, trabajando de la mano de él desde el semillero de investigación, y en donde a raíz de allí se generó la idea de trabajar con este tipo de sistema que permite reducir la temperatura ambiente. También dedico esta monografía a las personas que directa e indirectamente hicieron parte de este fuerte trabajo, quienes me apoyaron con opiniones, recomendaciones y en determinados casos me colaboraron en el proceso de construcción del trabajo de grado.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI	4
CONTENIDO	
RESUMEN.....	9
PALABRAS CLAVES	9
ABSTRACT.....	10
KEYWORD	10
INTRODUCCIÓN	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
2. JUSTIFICACIÓN.....	14
3. OBJETIVOS.....	18
3.1. OBJETIVO GENERAL	18
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
4. MARCO DE REFERENCIA	20
4.1. MARCO CONCEPTUAL.....	20
4.2.1. CLIMATIZACIÓN	20
4.2.2. GIRARDOT	20
MARCO TEORICO.....	21
4.2.3. LEY DE CHARLES.....	21
4.2.4. LEY GENERAL DE LOS GASES.....	24
4.2.5. EFECTO DE JOULE-THOMSON.....	25
4.2.6. REFRIGERACIÓN ECOLOGICA.....	26

	5
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI	
4.2.7. SOSTENIBILIDAD Y DISEÑO	26
4.2.8. POBLACIÓN OBJETO	27
ANTECEDENTE.....	29
4.2.9. EL REFRIGERADOR ECOLÓGICO DE ASHIS PAUL:.....	29
5. METODOLOGIA	32
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI CON ESTUDIANTES DE GRADO 9° DEL COLEGIO NUESTRA SEÑORA DE GUADALUPE DEL MUNICIPIO DE GIRARDOT.....	38
6. PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS.....	40
6.1. FASE 1: Presentación del proyecto:	40
6.1.2. FASE 2: Recolección del material (Sistema de Refrigeración Venturi):.....	41
6.1.3. FASE 3: Construcción del Sistema de Refrigeración Venturi:	41
6.1.4. FASE 4: Construcción modelo habitación y aplicación del Sistema de refrigeración Venturi:	42
7. RESULTADOS	44
COTIZACION DE MATERIALES.....	47
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES A EJECUTAR.....	48
8. CONCLUSIÓN	49
9. RECOMENDACIONES	50
Bibliografía	51

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI	6
ANEXOS.....	53
FASE 1	53
FASE 2:	55
FASE 3:	56
FASE 4:	60
PRESUPUESTO FINAL	67

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Volumen sobre temperatura: Constante (K -en referencia a sí mismo)	21
Ilustración 2. Volumen sobre temperatura	22
Ilustración 3. Volumen sobre temperatura	22
Ilustración 4. Despejando Temperatura inicial	23
Ilustración 5. Despejando Temperatura final	23
Ilustración 6. Despejando Volumen inicial	23
Ilustración 7. Despejando Volumen final.....	23
Ilustración 8. Presión-Volumen	24
Ilustración 9. Enfriador Bangladesh.....	29
Ilustración 10. Modelo de vivienda-fachada	32
Ilustración 11. Medidores de temperatura.....	33
Ilustración 12. Sistema Venturi.....	34
Ilustración 13. Sistema de refrigeración Venturi-interno de vivienda	34
Ilustración 14. Resultado sistema de refrigeración	35
Ilustración 15. Tubo Venturi	36
Ilustración 16. Compresión natural del aire.	37
Ilustración 17. Cantidad y diámetro necesario de orificios.....	37
Ilustración 18. Explicación proyecto.....	40
Ilustración 19. Recolección material.....	41
Ilustración 20. Construcción Ventana Refrigeradora Venturi.....	42
Ilustración 21. Implementación y evaluación sistema de refrigeración Venturi.....	43
Ilustración 22. Evaluación Sistema de refrigeración Venturi	44

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

Ilustración 23. Recolección del material (Sistema de Refrigeración Venturi).....	53
Ilustración 24. Recolección del material botellas plástica y tapas, material PET	55
Ilustración 25. Construcción del Sistema de Refrigeración Venturi.....	56
Ilustración 26. Construcción modelo habitación y aplicación del Sistema de refrigeración Venturi	60
Ilustración 27. Bisagras	67
Ilustración 28. HARDBOARD	68
Ilustración 29. Polines	69
Ilustración 30. Puntilla Acero	70
Ilustración 31. Libra Puntilla.....	71

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

RESUMEN

Se llevó a cabo el diseño de una ventana de refrigeración, específicamente se implementó el sistema de refrigeración Venturi, incorporado dentro del sistema constructivo de una vivienda de interés prioritario, donde cabe aclarar este sistema se utiliza únicamente para construcciones en donde se utiliza la madera y en su techado se implementa teja Zinc; este sistema permite reducir la temperatura ambiente dentro de una habitación, haciendo uso de botellas plásticas y las tapas de las mismas. En esta propuesta de investigación se construyó una habitación utilizando HARDBOARD que es una lámina de madera económica y que contribuye al cuidado del medio ambiente. Para la aplicación de este sistema se utilizaron botellas plásticas de 2.5 litros, las cuales se recolectaron con la ayuda de los estudiantes de grado 9º del Colegio Nuestra Señora de Guadalupe de la ciudad de Girardot. En total se recolectaron 97 botellas de las cuales utilizaron 64 para diseñar una ventana cuadrada de 8x8 botellas.

Finalmente, se realizó una prueba para establecer la temperatura más alta alcanzada en la habitación estando completamente cerrada, es decir, sin permitir el ingreso del aire, registrando así una temperatura de 41.6°C en termómetro digital. Al cabo de 20 minutos la temperatura se redujo a 36.9°C. En este proceso se logró evidenciar una diferencia de temperatura de 4.6°C. Se puede concluir que este es un proceso natural en la que no se utiliza artefactos tecnológicos o algún consumo de energía eléctrica, es 100% ecológico, natural y sostenible.

PALABRAS CLAVES

Sistema Venturi, climatización sostenible, temperatura, material PET, ley general de los gases, HARDBOARD, Eco – cooler, ley de charles.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

ABSTRACT

This investigation paper carry out the design of a refrigeration window, more specifically it used the Venturi refrigeration system, incorporated within the constructive system of a housing of priority interest, where it is possible to clarify this system is used only for constructions where wood is used and in its roof Zinc tile is implemented; this system reduce the environmental temperature of a room by using plastic bottles and their caps. In this proposal a room was built using HARDBOARD, a very economic wood sheet that contributes with the environment. For the application of this system a total of 97 plastic bottles were recollected with the support of the ninth grade students of Nuestra Señora de Guadalupe School, at the end a total of 64 plastic bottles were used to design a squared window of 8x8 bottles.

Finally, a test was implemented to establish the temperature with the Venturi system and without the system. The higher temperature registered without the system was 41.6°C, then the system was assembled and the temperature started to decrease. After 20 minutes the registered temperature was 36.9°C. In this process the difference of the initial and final temperature was 4.6°C. As a conclusion this is a natural process in which it is not necessary to use technological artifacts or electricity, is totally ecologic and sustainable.

KEYWORD

Venturi system, sustainable air conditioning, temperature, PET material, general gas law, HARDBOARD, Eco - cooler, Charles law.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

INTRODUCCIÓN

Los problemas climáticos que están afectando la ciudad de Girardot, denotan un claro incremento en la temperatura ambiente, donde se genera un promedio de temperatura que oscila entre los 20 y 28 grados en las horas de la mañana, de 30 y 36 grados en las horas de la tarde y un promedio de 27 grados en las noches cuando considerablemente baja de temperatura gracias al aire fresco proveniente del Rio Magdalena. Por lo anterior, el objeto de estudio determinado por las altas temperaturas, permite resaltar que la población involucrada en la investigación se basa en la parte de vivienda de interés prioritario para comunidades de bajo recursos económicos, en donde el sistema constructivo es a base de madera.

La construcción sustentable constituye una manera de satisfacer las necesidades de vivienda e infraestructura del presente sin comprometer la capacidad de generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades en tiempos venideros. Lo anterior refleja, en pocas palabras, la definición del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) de la construcción sustentable como "una manera de la industria de la construcción de actuar hacia el logro del desarrollo sostenible, tomando en cuenta aspectos medio ambientales, socioeconómicos y culturales. Específicamente, implica cuestiones tales como diseño y administración de edificaciones, construcción y rendimiento de materiales y uso de recursos - todas, dentro de la órbita más amplia del desarrollo y la gestión urbanas".

La construcción sustentable representa una manera radicalmente diferente de pensar: requiere de una forma de pensamiento que va mucho más allá de la disciplina de una ciencia exacta. Requiere de una combinación de experiencia en arquitectura, ingeniería y construcción adquirida al paso de los siglos, con la exploración innovadora de nuevos enfoques a fin de satisfacer las

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

demandas de generaciones futuras. La construcción sustentable fusiona la experiencia con el afán de explorar nuevos horizontes. Depende de la experiencia práctica y de la investigación.

Dependiendo del contexto y de las necesidades, la construcción sustentable debe combinar la aplicación de diferentes métodos y enfoques con la continua exploración de estrategias sólidas de ingeniería, planeación y desarrollo en lo que respecta a sociedad y medio ambiente. Una diversidad de enfoques que incorporen elementos ecológicos, económicos y estéticos positivos que puede ofrecer a la sociedad la oportunidad de beneficiarse de las innovaciones y la experiencia desarrolladas en algún otro lugar.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta las altas temperaturas que actualmente se presentan en la ciudad de Girardot y debido a que para la mayoría de los habitantes de la ciudad es difícil comprar equipos electrónicos que permitan minimizar estas temperaturas. Por tal motivo se realiza el planteamiento de ¿cómo lograr que las viviendas tengan un ambiente fresco y que ello no ocasione una gran inversión económica? Se propone la implementación de un sistema fácil de construir, que implemente material reciclado para su construcción y que realmente ayude a refrigerar el interior de las viviendas. Teniendo en cuenta lo anterior se establece la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo reducir la temperatura ambiente de forma natural, ecológica y sostenible dentro de una vivienda de interés prioritario en la ciudad de Girardot?

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

2. JUSTIFICACIÓN

El proyecto Sistema de refrigeración Venturi, es un trabajo de vitalidad, que contribuye a mejorar la calidad de vida de las personas protegiendo la integridad de las mismas. Este sistema es un tipo de ventana que funciona como refrigeración interna de una vivienda, el propósito es aplicar este sistema de refrigeración en casas construidas con madera, tomando como objeto de estudio a las personas de bajos recursos, habitantes prioritarios que no cuentan con recursos económicos para adquirir sistemas de refrigeración que requieren de un gran costo como lo conocemos como los aires acondicionados, que tienen un valor desde los \$ 700.000 en adelante, y que a esto se le añade el precio del mantenimiento que tiene un valor mínimo de \$ 230.000 y un precio promedio de \$ 1.165.288 y que puede llegar a costar hasta \$ 9.000.000.

Este proyecto nace de la observación continua del clima en la ciudad de Girardot puesto que por las malas acciones ambientales de los habitantes y de la población que habita no solo en la ciudad sino en todo el mundo, ha alterado de forma rápida el clima siendo este cada vez más caluroso. Las temperaturas en la ciudad han variado y han subido en los últimos años tanto así, que cuando se estableció como un promedio de 33° como máxima temperatura, hoy día estos grados centígrados han llegado hasta los 40°, temperatura que la Corporación Autónoma Regional han registrado como una especie de alerta, ya que dicho incremento puede provocar incendios forestales y daños no solo en el medio ambiente sino también puede afectar la salud de los ciudadanos.

Nosotros somos testigos y los protagonistas en ocasionar todos estos cambios, actuamos, diseñamos, construimos artefactos que únicamente satisfacen las necesidades de las personas pero, no nos preguntamos si esto que hacemos con nuestras manos satisface también a nuestro planeta tierra. Por ende se ha venido sensibilizando a las personas del ahorro de energía eléctrica,

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

del agua, de materiales reciclables, se han realizado campañas, se ha socializado ante comunidades educativas, pero todo esto ha quedado en una simple conversación, en un simple proceso comunicativo que incluso se obstruye por que los receptores no logran decodificar el mensaje.

Con todo esto se da a conocer el diseño y construcción del Sistema de refrigeración Venturi tomado como base de un sistema que implementaron en la ciudad de Bangladés ubicada en el sur de Asia, que su creador Ashis Paul, ingenio debido a las altas temperaturas que presenta la ciudad, temperaturas que alcanzan los 45° centígrados y que se diseñó utilizando material reciclable (botellas plásticas PET), trabajo que se realizó para el beneficio de personas de bajos recursos y que se compartió su diseño a nivel mundial. Este sistema en nuestro país no se ha implementado como sistema de refrigeración, el buen uso del material PET se ha ejecutado para construcción de edificaciones como las viviendas, esto en relación a la parte estructural, es decir, utilizan las botellas plásticas y rellenan de arena y con estas hacen el montaje del esqueleto de las casas.

Con lo anterior, se utilizó el proyecto de Ashis Paul llamado Eco-Cooler, y se adaptó al sistema estructural de Colombia, en donde se aplica únicamente para viviendas de interés prioritario construido con madera toda la parte estructural y los muros de la misma, teniendo en cuenta las modificaciones que se le hacen al diseño en cuanto aspectos de acabados o estética de la misma que en la ciudad de Bangladés presentaba una gran desventaja y es que este sistema no es de uso permanente, esto quiere decir, que cuando se presentan lluvias este sistema se desinstala ya que el agua puede ingresar por los orificios de las botellas y entrar en las viviendas o en su determinado caso almacenarse dentro de las mismas botellas. Por ende, las modificaciones que se realizan en este proyecto es que está se diseña en forma de cajón de tal

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

manera que en el vano de la vivienda encaje al ancho de la pared de la misma, pared que estará diseñada con madera llamada como HARDBOAR con dimensiones de 1.52mx2.44m con un grosor de 2.4mm.

Además, en la parte externa del cajón se construirán dos puertas que funcionan como protector de lluvia, estas se abren y cierran desde la manipulación de una manija que estará ubicada en la parte interna de la vivienda y dará uso únicamente en presencia de lluvias. Los materiales a utilizarse son botellas plásticas de 2.5 Litros y madera; las botellas se cortan a la mitad, su forma es similar al tubo Venturi, forma que contiene dos orificios uno de mayor dimensión y el otro de menor dimensión, el orificio de mayor diámetro se deja en la parte externa ya que según la teoría, el aire cuando ingresa y pasa de una dimensión mayor, las partículas ingresan y se desplazan de forma descoordinada, es decir en varias direcciones, actuando así de forma alterada lo que hace que la temperatura sea elevada y al pasar a una menor dimensión las partículas se desplazan uniformemente, estas se condensan y permite que la temperatura disminuye y se reduzca en gran consideración, como lo expresa La ley de los gases combinados, se puede utilizar para explicar la mecánica que se ven afectados de presión, temperatura y volumen. Por ejemplo: los acondicionadores de aire, refrigeradores y la formación de nubes.

Se seleccionan materiales reciclables permitiendo el cuidado del medio ambiente y se establece el buen uso de los mismos. El proyecto tiene un enfoque de climatización sostenible y ecológica; además, presentan un bajo costo para uso constructivo (edificaciones), teniendo en cuenta que el aire acondicionado pese a que es un artefacto de gran utilidad, sus efectos secundarios pueden ser negativos tanto para la salud de los individuos como para el medio ambiente debido a la expulsión constante de aire caliente hacia la atmósfera. El uso de este

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

aparato disminuye nuestras defensas y eso puede verse reflejado en resfriados o incluso en infecciones.

Es necesario resaltar que el uso excesivo de los aparatos de aire acondicionado eleva el consumo de energía eléctrica y agrava el problema del calentamiento global. Observando estas desventajas críticas de este artefacto, es pertinente señalar que el sistema Venturi que no trabaja con energía eléctrica, es un sistema que funciona de forma natural por lo tanto no traerá efectos secundarios que afecten la integridad de las personas y además está comprobado por Ashis Paul que este sistema reduce la temperatura ambiente dentro de la vivienda hasta 5° centígrados, que es lo planteado para este proyecto que dicho sistema funcione en la casa modelo a realizar en la ciudad de Girardot y que efectivamente se compruebe que la temperatura ambiente disminuya considerablemente beneficiando así a los habitantes de las viviendas.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una ventana de refrigeración de bajo costo e incorporarla dentro del diseño constructivo de una habitación que incluya tecnologías limpias y el aprovechamiento de material reciclable PET dentro de su diseño que mejore la calidad de vida de sus habitantes y que mitigue las condiciones de altas temperaturas de la ciudad de Girardot.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el número de orificios y la relación óptima de sus diámetros logrando la disminución de temperatura al interior de la vivienda.

Establecer grupos de trabajo con los estudiantes de grado 9º del colegio nuestra señora de Guadalupe de Girardot, para recolectar y por ende construir el Sistema de refrigeración Venturi con materiales reciclables.

Implementar el Sistema de refrigeración Venturi a través de la creación de un modelo de vivienda de interés prioritario que ejemplifique el diseño y construcción a escala real con estudiantes del grado 9 del Colegio Nuestra Señora de Guadalupe de Girardot.

Evaluar la efectividad de la ventana de refrigeración Venturi aplicada a un modelo de habitación de interés social.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1. MARCO CONCEPTUAL

4.2.1. CLIMATIZACIÓN

Consiste en crear unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad y la calidad del aire interior dentro de los espacios habitados. El tema del mejoramiento de calidad del aire interior dice: “El aire interior (AI) de una vivienda o edificio no debe contener contaminantes en concentraciones superiores a aquellas que puedan perjudicar la salud o causar malestar a sus ocupantes”. (Restrepo Julián; Paulo Naranjo J. 2019) Teniendo en cuenta que los artefactos adquiridos, aires acondicionados en particular tienden a tener aspectos negativos que conllevan a adquirir daños en la salud del individuo, esto debido al mal uso del mismo, o al no realizar su mantenimiento respectivo ocasionando que el aire se contamine de alguna u otra manera y esto perjudique la integridad de la persona.

4.2.2. GIRARDOT

Girardot es un municipio del departamento de Cundinamarca (Colombia) ubicado en la Provincia del Alto Magdalena, de la cual es capital. Limita al norte con los municipios de Nariño y Tocaima, al sur con el municipio de Flandes y el Río Magdalena, al oeste con el municipio de Nariño, el Río Magdalena y el municipio de Coello y al este con el municipio de Ricaurte y el Río Bogotá. Está ubicado a 134 km al suroeste de Bogotá. La temperatura media anual es de 27.8 °C. (Alcaldía de Girardot, 2015).

La cabecera municipal está a una altura de 290 m s. n. m., pero su territorio, de 150 km², abarca 70% de relieve montañoso que alcanza 1.000 m s. n. m., dado que se encuentra en un vértice de la Cordillera Oriental colombiana. La máxima temperatura registrada en la historia de Girardot fue de 42,3 °C, y la mínima de 9.8 °C. (Alcaldía de Girardot, 2015).

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

Juan Carlos Escobar, director Regional de Corporación Autónoma Regional (CAR), seccional Alto Magdalena, **advirtió que en Girardot se han venido presentando desde finales de diciembre de 2018**, temperaturas hasta de 40 grados centígrados, cuando la media anual es de 27,8 y la máxima registrada es de 35°C. (Alcaldía de Girardot, 2015).

MARCO TEORICO

4.2.3. LEY DE CHARLES

La ley de Charles es una de las leyes de los gases. Relaciona el volumen y la temperatura de una cierta cantidad de gas ideal, mantenida a una presión constante, mediante una constante de proporcionalidad directa.

En esta ley Charles dice que para una cierta cantidad de gas a una presión constante, al aumentar la temperatura, el volumen del gas aumenta y al disminuir la temperatura, el volumen del gas disminuye. Esto se debe a que la temperatura está directamente relacionada con la energía cinética debido al movimiento de las moléculas del gas. Así que, para cierta cantidad de gas a una presión dada, a mayor velocidad de las moléculas (temperatura), mayor volumen del gas.

La ley fue publicada primero por Gay-Lussac en 1803, pero hacía referencia al trabajo no publicado de Jacques Charles, de alrededor de 1787, lo que condujo a que la ley sea usualmente atribuida a Charles. La relación había sido anticipada anteriormente en los trabajos de Guillaume Amontons en 1702. Por otro lado, Gay-Lussac relacionó la presión y la temperatura como magnitudes directamente proporcionales en la llamada segunda ley de Gay-Lussac.

Ilustración 1. Volumen sobre temperatura: Constante (K -en referencia a sí mismo)

$$\frac{V}{T} = k_2$$

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Charles (2017)

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

O también:

Ilustración 2. Volumen sobre temperatura

$$V = k_2 T$$

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Charles (2017)

Donde:

V es el volumen.

T es la temperatura absoluta (es decir, medida en Kelvin).

k_2 es la constante de proporcionalidad.

Además puede expresarse como:

Ilustración 3. Volumen sobre temperatura

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Charles (2017)

Donde:

V1= Volumen inicial

T1= Temperatura inicial

V2= Volumen final

T2= Temperatura final

Despejando T_1 se obtiene:

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

Ilustración 4. Despejando Temperatura inicial

$$T_1 = \frac{V_1 \cdot T_2}{V_2}$$

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Charles (2017)

Despejando T_2 se obtiene:

Ilustración 5. Despejando Temperatura final

$$T_2 = \frac{V_2 \cdot T_1}{V_1}$$

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Charles (2017)

Despejando V_1 es igual a:

Ilustración 6. Despejando Volumen inicial

$$V_1 = \frac{V_2 \cdot T_1}{T_2}$$

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Charles (2017)

Despejando V_2 se obtiene:

Ilustración 7. Despejando Volumen final

$$V_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1}$$

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Charles (2017)

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

4.2.4. LEY GENERAL DE LOS GASES

La ley general de los gases es una ley de los gases que combina la ley de Boyle Mariotte, la ley de Charles y la ley de Gay Lussac. Estas leyes científicamente se refieren a cada una de las variables que son presión, volumen y temperatura. La ley de Charles establece que el volumen y la temperatura son directamente proporcionales cuando la presión es constante. La ley de Boyle afirma que la presión y el volumen son inversamente proporcionales entre sí a temperatura constante. Finalmente, la ley de Gay-Lussac introduce una proporcionalidad directa entre la temperatura y la presión, siempre y cuando se encuentre a un volumen constante. La interdependencia de estas variables se muestra en la ley de los gases combinados, que establece claramente que:

La relación entre el producto presión-volumen y la temperatura de un sistema permanece constante.

Matemáticamente puede formularse como:

Ilustración 8. Presión-Volumen

$$\frac{PV}{T} = K$$

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_general_de_los_gases (2019)

Donde:

P es la presión

V es el volumen

T es la temperatura absoluta (en Kelvin)

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

K es una constante (con unidades de energía dividida por la temperatura) que dependerá de la cantidad de gas considerado.

La ley de los gases combinados se puede utilizar para explicar la mecánica que se ven afectados de presión, temperatura y volumen. Por ejemplo: los acondicionadores de aire, refrigeradores y la formación de nubes.

Fuente (https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_los_gases_ideales)

4.2.5. EFECTO DE JOULE-THOMSON

En termodinámica, el efecto Joule-Thomson (también conocido como efecto Joule-Kelvin, efecto Kelvin-Joule) describe el cambio de temperatura de un gas o líquido real (diferenciado de un gas ideal) cuando se fuerza a través de una válvula o poroso. Enchufe mientras lo mantiene aislado para que no se intercambie calor con el ambiente. Este procedimiento se denomina proceso de regulación o proceso de Joule-Thomson. A temperatura ambiente, todos los gases excepto hidrógeno, helio y neón frío tras la expansión por el proceso Joule-Thomson cuando se estrangula a través de un orificio; Estos tres gases experimentan el mismo efecto pero solo a temperaturas más bajas. La mayoría de los líquidos, como los aceites hidráulicos, se calentarán mediante el proceso de regulación de Joule-Thomson.

El efecto lleva el nombre de James Prescott Joule y William Thomson, primer barón Kelvin, quien lo descubrió en 1852. Siguió un trabajo anterior de Joule sobre la expansión de Joule, en el que un gas experimenta una expansión libre en el vacío y la temperatura no cambia, si el gas es ideales.

La expansión adiabática (sin intercambio de calor) de un gas puede llevarse a cabo de varias maneras. El cambio de temperatura experimentado por el gas durante la expansión depende no solo de la presión inicial y final, sino también de la manera en que se lleva a cabo la expansión.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

Si el proceso de expansión es reversible, lo que significa que el gas está en equilibrio termodinámico en todo momento, se denomina expansión isentrópica. En este escenario, el gas realiza un trabajo positivo durante la expansión y su temperatura disminuye. Fuente:

(https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_Joule-Thomson)

En una expansión libre, por otro lado, el gas no funciona y no absorbe calor, por lo que se conserva la energía interna. Ampliado de esta manera, la temperatura de un gas ideal se mantendría constante, pero la temperatura de un gas real disminuye, excepto en temperaturas muy altas.

4.2.6. REFRIGERACIÓN ECOLÓGICA

Los veranos cada vez son más calurosos y nosotros cada vez estamos menos dispuestos a soportarlo. La adquisición de aparatos de aire acondicionado ha aumentado un 30 % en los últimos años, porque ha pasado de tratarse de un aparato elitista a ser considerado una necesidad más de la vivienda. Los comercios ofrecen una extensa oferta de máquinas a bajo precio: un remedio inmediato al insostenible calor cuyo precio ambiental no se suele tener en cuenta. Sin embargo, cada grado de confort cuenta: el consumo eléctrico aumenta en nuestro país un 2,5 % cada año, cinco veces más rápido de lo que crece la población. Cada kilovatio hora de energía que consumimos supone la emisión de más de 400 gr de CO₂ a la atmósfera, porque sólo un 7 % de esa energía se ha obtenido de fuentes renovables. Las puntas de consumo eléctrico ya se han desplazado del invierno al verano, y la red eléctrica padece sobrecargas que a veces provocan cortes de suministro. Fuente:(<https://www.terra.org/categorias/articulos/refrigeracion-ecologica>)

4.2.7. SOSTENIBILIDAD Y DISEÑO

En relación a las herramientas de diseño en pro de la sostenibilidad, es propio mencionar la arquitectura bioclimática. Ésta “integra las consideraciones de eficiencia en el uso y la energía,

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

produce edificios sanos, utiliza materiales ecológicos y considera la sensibilidad estética que inspire, afirme y emocione. Es la que diseña para conseguir las condiciones para el bienestar humano en el interior, aumentando notablemente la calidad de vida” (International Union of Architects, IUA y American Institute of Architects, AIA). Acorde con lo anterior, el diseño bajo consideraciones bioclimáticas es una herramienta fundamental en el propósito de concebir proyectos que propugnen por el uso eficiente de los recursos, aprovechando las consideraciones del entorno con la finalidad de disminuir el consumo energético. Para ello, deben tenerse en cuenta aspectos como el emplazamiento, ya que la ubicación determina las condiciones climáticas a las que la vivienda tiene que adaptarse, de manera que se propicie un aprovechamiento máximo de la energía solar y de la ventilación natural con la finalidad de que sirvan como herramienta de regulación interior y de confort. (Acevedo Harlem. Revista Gestión y ambiente. (Acevedo Agudelo, Harlem; Vásquez Hernández, Alejandro; Ramírez Cardona, Diego Alejandro. 2012).

4.2.8. POBLACIÓN OBJETO

Se tiene como población objeto las viviendas de interés prioritario porque típicamente no contemplan en su diseño formas arquitectónicas o mecanismos de circulación de aire que permitan reducir la temperatura a su interior; además, el material que se utiliza para la construcción de la vivienda es la madera, siendo un material que actúa en bien común hacia el medio ambiente y reduce los costos de la adquisición de la misma.

La esencia es determinar cuál de esas ideas puede ser objeto de experimentación y modelación numérica de la cual se pueda desprender la sustentación de un producto final. Entre otras se revisaron:

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

MECANISMOS DE EVAPORACIÓN COLD POT:

Propuesto por el diseñador suizo Thibault Faverie, de la Universidad de Arte y Diseño de Lausana. Básicamente es “un recipiente de cerámica dentro del cual se coloca un radiador el cual genera corriente de aire frío, aprovechando las propiedades de la cerámica. El radiador utiliza corriente eléctrica y se afirma que puede disminuir la temperatura entre 8 y 10 grados” (Alberto G. 2014). No se conocen estudios de mediciones reales.

REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN:

Este sistema, en combinación con paneles solares que alimenten la máquina de absorción que mediante un ciclo de compresión termoquímica (no mecánica como un aire acondicionado) y produce el agua fría que permite la disminución de la temperatura al interior de la vivienda. Aunque el consumo de energía se suministre mediante paneles solares, tiene el inconveniente del costo del panel y de la máquina de absorción. (Blog. Climatización, 2018)

ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA:

Basa sus resultados en el uso de espacios amplios y la inclusión de celosías, contraventanas, toldos y en general mecanismos pasivos que aislen el interior de la vivienda y así evitar la necesidad de climatizarlas. Para la población objeto de estudio, vivienda de interés social, las opciones de espacios amplios y aislamientos choca contra la reducida área de estas estructuras. (Sánchez B; Montañés M. 2014)

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

ANTECEDENTE

4.2.9. EL REFRIGERADOR ECOLÓGICO DE ASHIS PAUL:

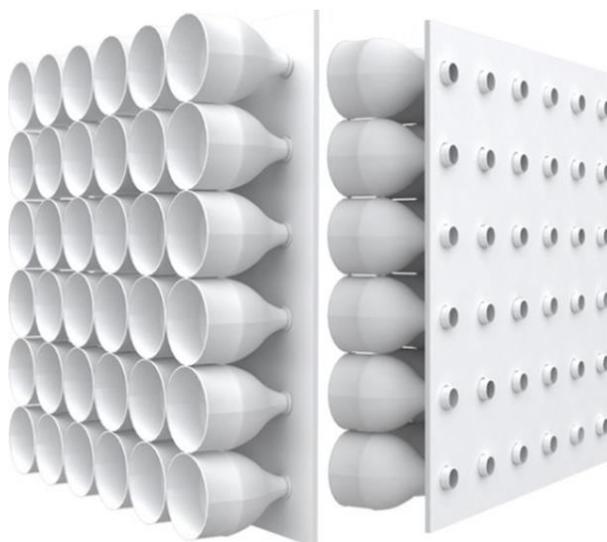
Es un acondicionador de aire de electricidad cero que utiliza botellas de plástico reutilizadas para atraer aire frío a las chozas de hojalata, en ausencia de electricidad.

Se convirtió en una solución de bajo costo y respetuosa con el medio ambiente para los ciudadanos pobres de Bangladesh, la mayoría de los cuales viven en chozas de hojalata corrugadas, que pueden llegar a ser insoportablemente calurosas durante el verano, cuando las temperaturas aumentan hasta 45 grados centígrados.

El enfriador está diseñado cortando botellas de plástico por la mitad y luego colocándolas en una rejilla en una tabla. Esto se coloca en la pared como un marco de ventana. Funciona según el principio de que el cuello de la botella puede comprimir la brisa caliente y enfriarla, reduciendo las temperaturas dentro de la casa hasta en cinco grados.

Este increíble enfriador de aire de Bangladesh está hecho de botellas de plástico y no usa electricidad

Ilustración 9. Enfriador Bangladesh



Fuente: <https://ecoinventos.com/wp-content/uploads/2016/05/Aire-frio-sin-electricidad.jpg>

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

Ashis Paul desarrolló un inteligente sistema de enfriamiento de bricolaje que no necesita electricidad y está construido a partir de un desecho común: botellas de refrescos de plástico vacías. En solo tres meses, la compañía de Paul ayudó a instalar sus acondicionadores de aire inteligentes y sin potencia, llamados Eco Coolers, en 25,000 hogares, y muchos más aún están por venir.

Eco – cooler: Climatizador fabricado con material reciclado: Sistema propuesto y desarrollado inicialmente en el territorio de Bangladesh, zona de temperatura promedio 45 grados y construcciones de lámina de zinc. Básicamente es un conjunto de botellas de plástico que se recorta y se montan sobre un panel que se coloca en el espacio correspondiente a las ventanas. El sistema se ha popularizado en esa zona y se tiene informes de disminución de temperatura de hasta 5 grados en cuestión de minutos.

¿Por qué han trabajado en un aire acondicionado de bajo costo?

Debido a que en Bangladesh están sometidos regularmente a épocas de mucho calor (hasta 45 °) y la población sufre enormemente: las casas son de acero y la temperatura alcanza temperaturas máximas.

La idea era simple, pero a la vez muy ambiciosa. Desarrollar un aire acondicionado eficiente con materiales de bajo costo, a ser posible reciclados y accesibles para la población, eficiente y fácil de construir.

Esta idea proviene de Bangladesh, donde Ashis Paul quería ayudar a los habitantes a resistir mejor el calor. (Pérez; Astorga, artículo, 2018)

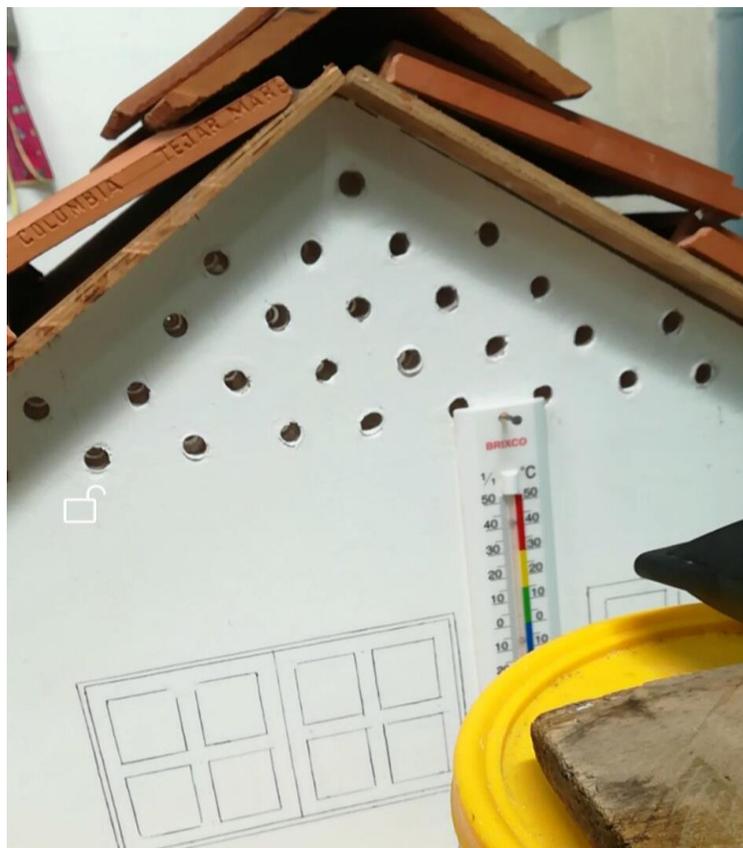
De hecho, debido a las inundaciones recurrentes, los habitantes de Bangladesh en las zonas rurales están construyendo casas de estaño, lo que genera temperaturas muy altas en los hogares. La idea habría llegado a él después de escuchar al profesor de física de su hija explicar el efecto

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

de Joule-Thomson. Después de algunos experimentos, pudo desarrollar el Eco-cooler a partir de botellas de plástico. “Uno de nuestros supervisores creativos, Ashis Paul, comenzó a pensar en maneras de brindar alivio a estas personas. Lo estaba pensando mentalmente cuando, un día, escuchó al tutor de física de su hija explicándole cómo se enfría el gas cuando se expande rápidamente (...)” (Jaiyyanul Huq, 2016).

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

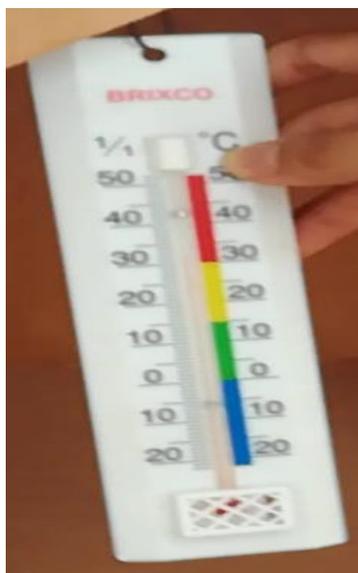
5. METODOLOGIA

Ilustración 10. Modelo de vivienda-fachada

Fuente: Elaboración propia (2018)

Luego de realizar las respectivas observaciones de los distintos sistemas de aireación, refrigeración, y métodos que permiten reducir la temperatura dentro de una vivienda de interés prioritario. Se realizó una maqueta a escala, con las medidas reglamentarias y normativas que se deben implementar dentro de la misma, con materiales como la madera y teja. Para la demostración del proyecto, se utilizó objetos o materiales como: secadora de cabello, ésta sustituye la temperatura ambiente de la ciudad de Girardot, en contacto con un medidor de temperatura que se colocó fuera de la fachada, teniendo un contacto directo con la misma. Los medidores de temperatura se instalan fuera y dentro de la vivienda de tal manera que evalué los grados centígrados tanto de los que ingresan como los que salen de la vivienda.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

Ilustración 11. Medidores de temperatura

Fuente: Elaboración propia (2018)

Dentro de la fachada se implementa el sistema de refrigeración Venturi el cual lo ejecutamos con jeringas y mangueras conectadas en las mismas de tal forma que se visualice y se establezca como su método mismo lo indica, la cual tiene un diámetro mayor fuera y un diámetro más pequeño dentro de la vivienda como se observa en la imagen.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

Ilustración 12. Sistema Venturi



Fuente: Elaboración propia (2018)

El objeto de estudio es que al momento de ingresar el aire a temperatura ambiente por el diámetro mayor de la jeringa éste ingrese a la vivienda pasando por un diámetro más pequeño y permitiendo que en ese proceso el aire se condense se vuelva más lento y pesado y empiece a variar su temperatura haciendo de esta una temperatura menor.

Ilustración 13. Sistema de refrigeración Venturi-interno de vivienda



Fuente: Elaboración propia (2018)

En la fachada se realizaron 15 orificios en donde se iba a incorporar el sistema de refrigeración. Se hicieron varios ensayos en donde la única diferencia que se añadió o sustituía

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

era el diámetro de los orificios haciéndolos cada vez más grandes. Dando así una medida de 15 a 20 cm con una cantidad de 12 orificios cantidad en la cual se evaluó y se dedujo que con ésta alcanzo a reducir una temperatura en 3 grados centígrados a la temperatura ambiente de la ciudad estableciendo una estética en cuanto a la parte estructural que permita darle belleza al sistema y que no se vean de desagrado para los habitantes de la vivienda.

Ilustración 14. Resultado sistema de refrigeración



Fuente: Elaboración propia (2018)

Se busca producir más modelos de estudio en donde se implemente el sistema de refrigeración Venturi, de tal forma que reduzca la temperatura al interior de una vivienda hasta 5 grados centígrados en escala real.

Al estudiar la información disponible acerca de esta última opción surgen varias preguntas que dan inicio a la propuesta de investigación:

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

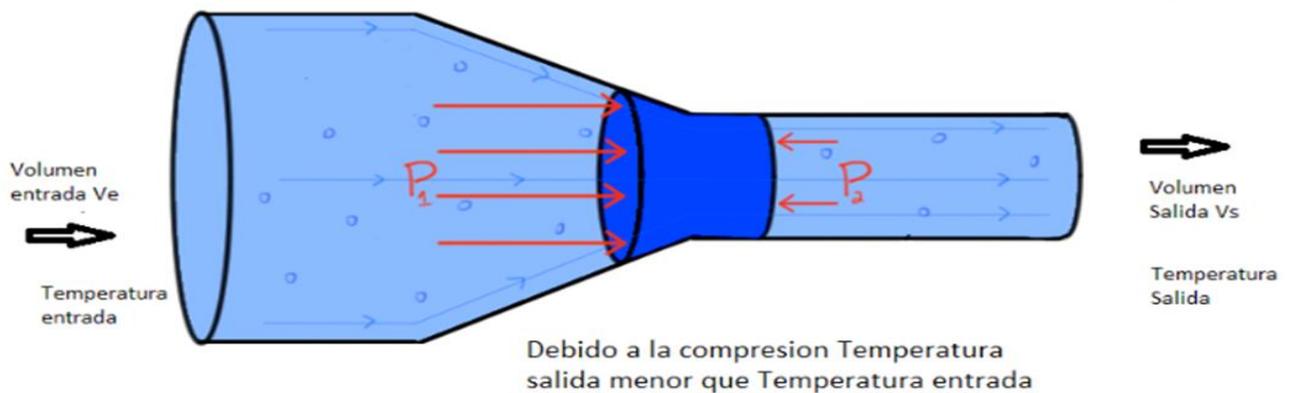
¿Existe documentación experimental de este sistema? NO SE ENCONTRARON

MODELACIONES NUMÉRICAS

¿Qué teoría o principio matemático fundamenta este sistema? PRINCIPIO DE LA COMPRESIÓN ADIABÁTICA DE LOS GASES (el volumen aumenta y la presión y la temperatura disminuyen)

El principio que se estudia y desea aplicar es el de la compresión adiabática de los fluidos. En el caso de un líquido al ser comprimido aumenta su velocidad y presión. Imagínese el chorro de una manguera de jardín que al ponerle el dedo en la salida (compresión) el chorro llega más lejos. En el caso de un gas este disminuye su temperatura al ser comprimida su circulación. En ambos casos se aplica el principio del tubo Venturi.

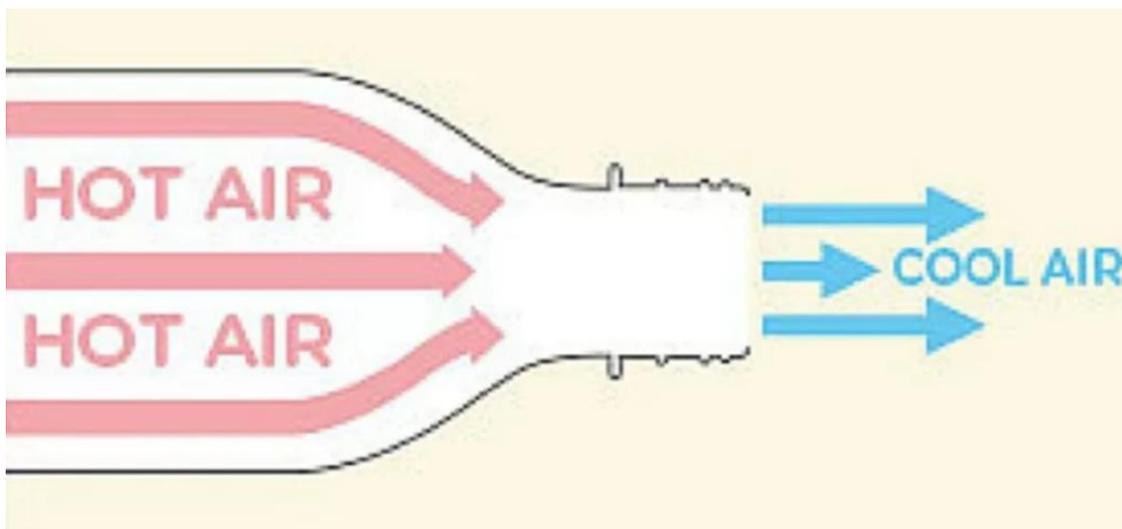
Ilustración 15. Tubo Venturi



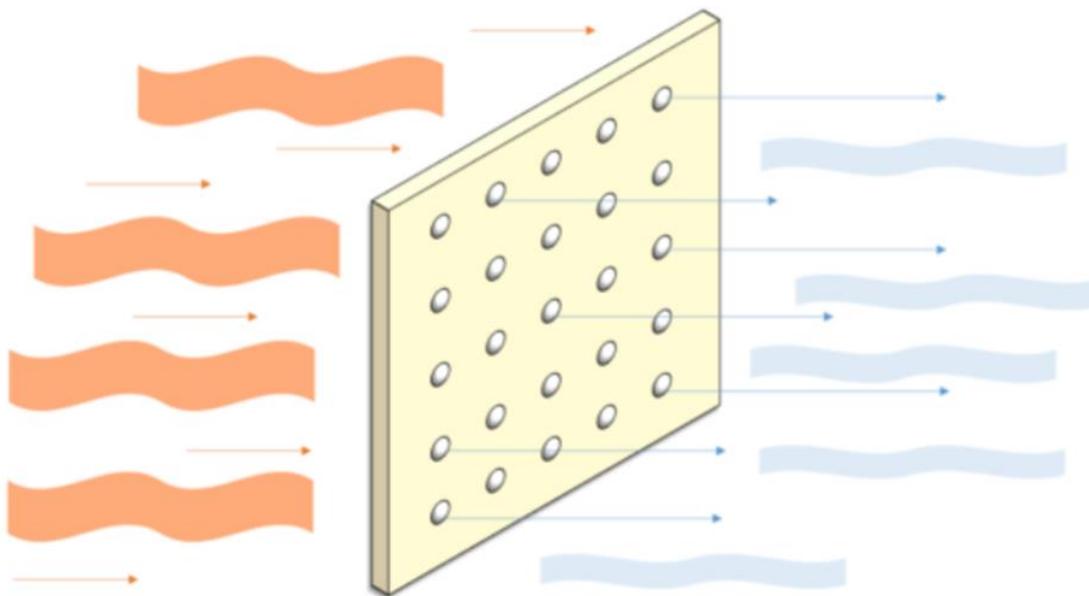
Fuente: <https://cdn.kastatic.org/ka-perseus->

[images/2d10eae03f6e152de6a8270420d5298b31099856.png](https://cdn.kastatic.org/ka-perseus-images/2d10eae03f6e152de6a8270420d5298b31099856.png)

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

Ilustración 16. Compresión natural del aire.

Fuente: <https://ecoinventos.com/wp-content/uploads/2016/05/Ecocooler.jpg>

Ilustración 17. Cantidad y diámetro necesario de orificios.

Fuente: <https://www.refrigeracioncyc.com/wp-content/uploads/2017/12/eco-cooler->

570x350.png

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI CON
ESTUDIANTES DE GRADO 9° DEL COLEGIO NUESTRA SEÑORA DE GUADALUPE
DEL MUNICIPIO DE GIRARDOT

Se da a conocer a los estudiantes el proyecto de climatización sostenible a realizarse para el primer y segundo periodo del año escolar 2019, en donde se sensibiliza y concientiza a los educandos la importancia de reciclar y reutilizar materiales como el plástico y la madera, dos materiales que no se deterioran fácilmente en el medio ambiente y que por ende pueden afectar al mismo.

Por lo tanto se dio la tarea de que cada estudiante recolectará botellas plásticas de 2.5 litros, siendo esta la de mayor tamaño en los productos de ventas comerciales en bebidas de recipientes plásticos en el municipio de Girardot.

Cabe aclarar que se llama sistema de refrigeración Venturi por que el diseño de las botellas plásticas tiene el parentesco en cuanto a la forma del tubo Venturi, teniendo en sus extremos dos orificios uno de mayor dimensión y el otro de menor dimensión, extremos que se encuentran separados perpendicularmente.

Para el diseño del sistema de refrigeración Venturi se requiere de los siguientes materiales:
Botellas plástica 2.5 Litros y Madera.

Para el diseño y construcción del sistema de refrigeración Venturi se deben coger las botellas plásticas y cada una de ellas se debe cortar a la mitad. Luego, se abren orificios en la tabla de madera de igual diámetro que los orificios que contiene el pico de la botella plástica. Para establecer la dimensión del tablero de madera, se tiene en cuenta la cantidad de orificios, es decir, se construirá una ventana cuadrada donde se ubicaran un total de 64 botellas plásticas de 2.5 litros, una ventana de 8x8 botellas, con medidas de 96cm x 96cm.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

Es importante resaltar que estas botellas estarán dentro de un cajón diseñado en madera el cual sobresale de los orificios de mayor dimensión. Esto con el fin de instalar un protector de lluvia, es decir dos puertas de madera que cubran el sistema de refrigeración Venturi de las lluvias, estas puertas estarán diseñadas en madera y se instalara un sistema que permitirá abrir y cerrar las mismas dentro de la vivienda, relacionándolas así como el proceso de las persianas, teniendo claro que las persianas proceden de la manipulación de una cuerda que permite la apertura y el cierre de la misma. Añadiendo a las puertas del sistema de refrigeración Venturi, este tipo de manipulación en acción de subida y bajada de las persianas que en el proyecto se establecerá como abrir y cerrar. Todos los materiales a utilizarse van enfocados al tema ecológico, por ende se busca por medio de esto concientizar a los seres humanos al buen uso de estos recursos y al buen uso de los mismos.

El diseño de las puertas que cubran el sistema de refrigeración Venturi nace de una de las desventajas que presenta el proyecto Eco-Cooler implementado en Bangladesh y que hacen del mismo un sistema que no está fijo en la casa es decir, que se coloca en tiempos de verano y se quita en el momento en el que se presenten lluvias ya que el agua ingresa por los orificios. Observando y analizando este punto negativo se plantea el diseño de las puertas ya dadas a conocer. Además esta ventana de refrigeración funciona únicamente en pro al bienestar de los habitantes, es decir, que este sistema no funciona en sentido de visualización externa. Que significa esto, que este sistema estará instalado en la parte superior de las ventanas que como finalidad permite proporcionar luz y ventilación a la estancia correspondiente.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

6. PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS

6.1. FASE 1: Presentación del proyecto:

Sistema de refrigeración Venturi: Se da a conocer a los estudiantes de grado 9 el proyecto a ejecutarse para el periodo 1 del año 2019 mediante una sustentación planteada en diapositivas, en donde se explica que se va a realizar como se va a realizar, porque y para que, mostrando así evidencias de un modelo de una casa aplicado en la semana de ingeniería civil del año 2018, donde se da a conocer el proceso por el cual la temperatura disminuye dentro de la vivienda, además se estipula grupos de trabajo y se seleccionan cinco representantes del grado que trabajaran en el proyecto en contra jornada para la construcción y aplicación del proyecto.

Ilustración 18. Explicación proyecto.



Fuente: Elaboración propia (2019)

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

6.1.2. FASE 2: Recolección del material (Sistema de Refrigeración Venturi):

Los estudiantes del grado noveno en un determinado tiempo ayudaran a recolectar 64 botellas plásticas de 2.5 litros; además de recolectar las tapas que aseguran las mismas.

Ilustración 19. Recolección material



Fuente: Elaboración propia. (2019)

6.1.3. FASE 3: Construcción del Sistema de Refrigeración Venturi:

Se compra las láminas HARDBOARD, a la cual se escoge una para hacer el corte del tamaño de la ventana la cual es de 96cm x 96cm en donde se abren los orificios a la misma en donde irán puestas las botellas.

Las botellas plásticas junto con el grupo de trabajo (grado 9) realizan el corte de las botellas dejándolas con una longitud de 16cm, se cortan 64 botellas dejando así una ventada cuadrada de 8 x 8 (botellas) las botellas se introducen dentro del orificio y las tapas de las mismas se enroscan al pico de la botella el cual estará dentro de los oricios de la lámina no sin antes cortar las tapas dejando así la abertura del pico de la botella por la cual circulara el aire.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

Ilustración 20. Construcción Ventana Refrigeradora Venturi



Fuente: Elaboración propia (2019)

6.1.4. FASE 4: Construcción modelo habitación y aplicación del Sistema de refrigeración

Venturi:

Construcción modelo habitación de dimensiones 3mx3mx2.44m de alto y aplicación del Sistema de refrigeración Venturi: en esta última fase se procede a realizar la ejecución de la fachada de la habitación en la cual se utilizan polines para realizar toda la parte estructural de la vivienda como lo son las vigas y columnas, quedando así en dimensiones de 3 metros de ancho por 3 metros de profundidad, con una altura de 2.44 metros, luego se procede a colocar las láminas HARDBOARD que proceden en función a lo que son los muros, son 18 láminas las cuales se colocan de a dos por cada cara de la habitación una externa y otra interna, las sobrantes se utilizan para diseñar la lámina del sistema de refrigeración Venturi y para las puertas que generan el cierre y la apertura a la misma, actuando así en protección de lluvias para que no pueda ingresar el agua y generar inundación o almacenamiento dentro de la misma (botellas) y para la puerta. Por ende se procede a entechar la habitación, colocando 4 tejas zinc y asegurándolas con unos amarres. Por ende se instala el sistema de refrigeración Venturi y se

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

procede a ejecutarse la aplicación, es decir, verificar con un medidor de temperatura, si la misma se reduce o aumenta dentro de la misma.

Ilustración 21. Implementación y evaluación sistema de refrigeración Venturi



Fuente: Elaboración propia. (2019)

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

7. RESULTADOS

Al realizar la aplicación del sistema de refrigeración Venturi se obtiene como resultado de que la temperatura baja alrededor de 4.6 grados, estableciendo así su óptimo funcionamiento, siendo este un sistema natural, ecológico y sostenible, que actúa en bien común, y satisface las necesidades de los habitantes de la vivienda. Se realizaron tres pruebas en horarios diurno y nocturnos, y en las tres el resultado es satisfactorio observando a continuación una prueba de la misma en donde se observa en el respectivo orden como la temperatura va disminuyendo y el proceso que se hizo. Iniciando así con determinar las altas temperaturas que podía alcanzar la habitación estando toda totalmente cerrada sin permitir el ingreso del aire, tapándose así los orificios de menor diámetro de las botellas que se encuentran en la parte interna de la vivienda, y por ende se empieza a dejar en descubierto los mismos para verificar como la temperatura va disminuyendo al evidenciarse el ingreso del aire y permitiendo así reducir la temperatura iniciando con 41.5°C hasta llegar a marcar 36.9°C.

Ilustración 22. Evaluación Sistema de refrigeración Venturi



SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI



SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI



Fuente: Elaboración propia. (2019)

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

COTIZACION DE MATERIALES

MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
POLINES 4X4	24	5.000	120.000
HARDBOARD LISO 1,54X2,44MT 2,4MM	18	21.900	394.200
TEJA ZINC	4	20000	80.000
CAJA PUNTILLA 3”	1	5000	5.000
LIBRA PUNTILLA ACERO 3”	2	5.500	11.000
LIBRA PUNTILLA 1”	1	2300	2.300
BOTELLA PLASTICA 2.5Lt	64	500	32.000
VISAGRA	4	3000	12.000
AMARRE	12	100	1.200
PUERTA MADERA HARDBOARD	1	21900	21.900

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

TABLA DE MADERA 12CM X 3MT	1	13.000	13.000
Total costos (\$)			692.600

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES A EJECUTAR

ACTIVIDADES	FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recolección de botellas plásticas 2.5 litros			Día 22	Día 26	Día 5			Día 26	Día 5							
Recolección de tapas de botellas plástica 2.5 litros						Día 12	Día 19		Día 5							
Construcción de ventana (Sistema Venturi)										Día 9	Día 23	Día 30				
Montaje del esqueleto de casa modelo														Día 6		
Instalación de láminas HARDBOARD														Día 7		
Instalación de puerta y techo														Día 8		
Instalación de ventana(Sistema Venturi)														Día 10		
Tejas Zinc															Día 13	
Prueba: Temperatura.															Día 15 y 16	

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

8. CONCLUSIÓN

Se ha cumplido con el objetivo planteado es decir se ha diseñado y construido el sistema de refrigeración (sistema Venturi) a escala real incorporado dentro de la vivienda (fachada de una habitación con dimensiones de 3x3x2.54 de alto. En la cual se evidencio que la temperatura dentro de la misma se redujo a 4.7 grados de la temperatura ambiente a la cual se encontraba. Es decir, paso de estar de 41.6°C a 36.9°C. Por ende, la ventana de refrigeración si funciona, siendo el mismo un diseño hecho con material reciclable y con un funcionamiento natural, sin hacer uso de ningún artefacto tecnológico o de consumo de energía eléctrica, todo 100% natural. Es un sistema fácil de realizar.

Se logró el funcionamiento de dicha ventana, dejándose ubicada a 1 metro de altura, tendiendo ésta dimensiones de 96cm x 96cm. Junto con el apoyo de los estudiantes y representantes del grado noveno del colegio Nuestra Señora de Guadalupe. En donde se aplicó u ejecuto todo lo planteado para la realización del mismo dividiéndose el mismo en 4 fases. Aplicándose cada una como debía ser.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

9. RECOMENDACIONES

El tiempo de recolección de las botellas de 2.5 Litros no fue en el tiempo que se esperaba, generándose un retraso en el mismo puesto que fue algo complicado adjuntar las botellas siendo un total de 97 botellas las que se recogieron. En este aspecto puede aplicarse el diseño con botellas de 1.5 Litros o cualquier botella plástica que tenga forma de embudo, siendo este el sistema pertinente para que la temperatura cambie generándose dentro del mismo una diferencia de presión del aire.

Si es posible implementar dos ventanas de refrigeración para que el cambio de temperatura disminuya más rápido.

Los orificios con menor diámetro de la botella deben estar cubiertos al momento de realizarse la prueba con el medidor de temperatura ya que la misma debe aplicarse dentro de la vivienda de tal manera que al taparse los orificios el aire no tiene acceso a la vivienda y se espera a que marque una temperatura alta y por ende se deja al descubierto los orificios para que así mismo se pueda evidenciar el cambio de temperatura al ingresar aire por el sistema de refrigeración.

Tener el instrumento medidor de temperatura en un solo sitio al momento de realizar la prueba o aplicación del sistema de refrigeración.

El sistema de refrigeración Venturi, solo se puede aplicar dentro de un sistema constructivo prioritario en donde la materia prima de la construcción de la vivienda es la madera, la cual cumple de forma eficaz, permitiendo así que el sistema Venturi funcione y la temperatura disminuya dentro de la misma.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

Bibliografía

- Acevedo Agudelo, Harlem; Vásquez Hernández, Alejandro; Ramírez Cardona, Diego Alejandro. Sostenibilidad: actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia. *Gestión y Ambiente*, [S.l.], v. 15, n. 1, p. 105-118, ene. 2012. ISSN 2357-5905. Disponible en: <<https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/30825/39307>>. Fecha de acceso: 05 jun. 2019
- Artículo. (2019). Usos y aplicaciones del Polietileno Tereftalato. Recuperado de https://www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-del-polietileno-tereftalato-pet-42703.htm?mkt_source=22&mkt_medium=42445403772&mkt_term=66&mkt_content=&mkt_campaign=1
- Mansilla Pérez, Laura, Ruiz Ruiz, Marcos, Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster. *Ingeniería Industrial [en línea]* 2009, [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2019] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428493008>> ISSN 1025-9929
- Moya J; Rodrigo, B; Cervera, L; Fernandez, C; Guinea, V. (2013). Características de la madera como material de construcción. Recuperado de <http://publiditec.com/blog/caracteristicas-de-la-madera-como-material-de-construccion/>
- Jaiyyanul Huq, 2016. Bangladesh. Disponible en:< <https://observers.france24.com/en/20160602-bangladesh-air-conditioner-plastic-bottles-technology>>
- Revista motor (2017). Eco-Cooler, una fresca idea al alcance de muchos. Recuperado de <http://www.revista-motor.com.ar/eco-cooler-una-fresca-idea-al-alcance-de-muchos/>
- Escobar, J. (2019). Girardot, a 40 grados. Recuperado de <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/girardot-a-40-grados-altas-temperaturas-se-registraran-para-el-puente-de-reyes/42534>
- Blog. Climatización, 2018. Refrigeración por absorción. Disponible en< <https://www.empresaeficiente.com/blog/la-refrigeracion-por-absorcion-que-es-y-donde-se-usa/>>
- Bembibre, C. (2007-2019). Definición de aire acondicionado. Recuperado de <https://www.definicionabc.com/tecnologia/aire-acondicionado.php>

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

- East, P. (2016). Envases de plástico Diseña para reciclar. [PDF]. Recuperado de https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos_publicaciones_empresas/guia-envases-de-plastico-disena-para-reciclar.pdf
- Restrepo J; Paulo Naranjo J. (2019). El mejoramiento de la calidad del aire interior. Recuperado de: <https://www.acrlatinoamerica.com/201903048607/articulos/aire-acondicionado-y-ventilacion/el-mejoramiento-de-la-calidad-del-aire-interior.html>
- Sánchez B; Montañés M. 2014. Arquitectura Bioclimática. Disponible en:<<http://www.ecohabitar.org/conceptos-y-tecnicas-de-la-arquitectura-bioclimatica-2/>>

-

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

ANEXOS

FASE 1

Ilustración 23. Recolección del material (Sistema de Refrigeración Venturi)

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI



Fuente: Elaboración propia. (2019)

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

FASE 2:

Ilustración 24. Recolección del material botellas plástica y tapas, material PET

Fuente: Elaboración propia. (2019)

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

FASE 3:

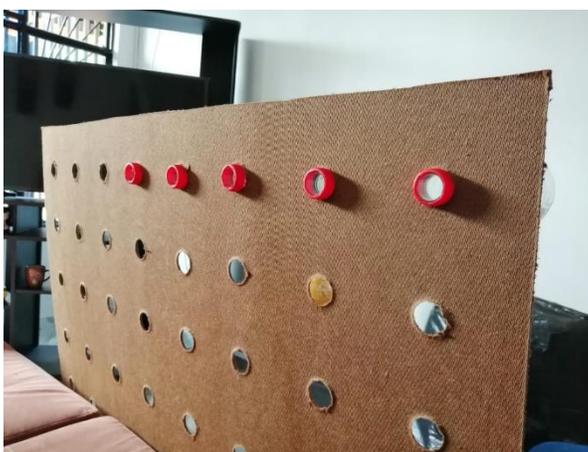
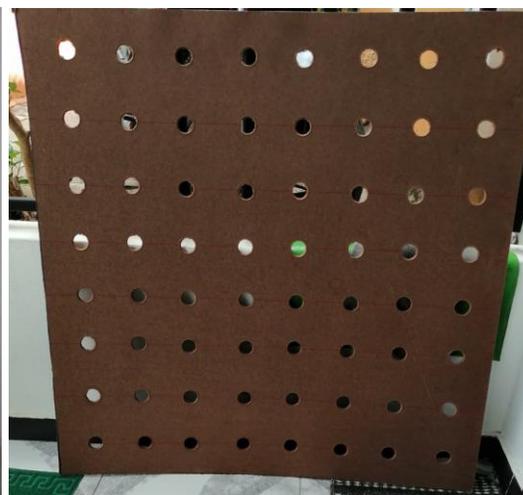
Ilustración 25. Construcción del Sistema de Refrigeración Venturi



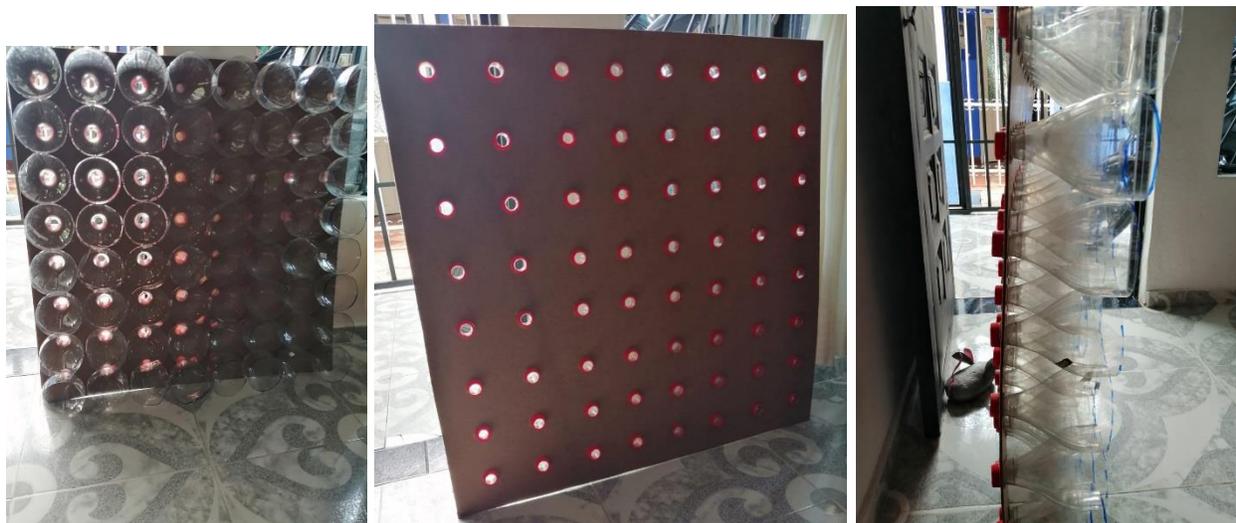
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI



SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI



SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI



Fuente: Elaboración propia. (2019)

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

FASE 4:

Ilustración 26. Construcción modelo habitación y aplicación del Sistema de refrigeración Venturi



SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI



SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI



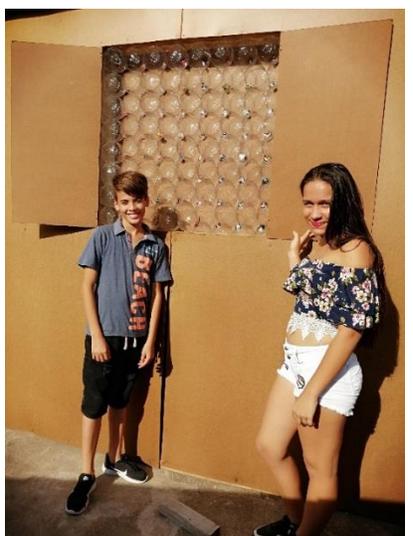
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI



SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI



SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI



SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI



SISTEMA DE REFRIGERACIÓN VENTURI

Ilustración 28. HARDBOARD

**HOMECENTER
GIRARDOT**

SODIMAC COLOMBIA SA
NIT 800.242.106-2

CODIGO	DESCRIPCION	VALOR
288538 18 X \$20,900	HARDBOARD 2.4mm 1.52	376,200 D
SUBTOTAL/TOTAL \$		376,200
EFFECTIVO \$		400,000
CAMBIO \$		23,800

RESUMEN DE IVA			
Tipo	Compra	Base/Imp.	IVA
D=19%	376,200	316,134	60,066

GRANDES CONTRIBUYENTES Res. 012635/18
AUTORRETENEDORES EN LA FUENTE
 Res. DIAN 0931 de 29 Dic 2009
 RESPONSABLES DE IVA REGIMEN COMUN
 AGENTES DE RETENIVA

CLIENTE: CLIENTE SODIMAC
 TIPO CLIENTE: Regular
 DOCUMENTO: 1070618748

Consulte la política de devoluciones
 y garantías en www.homecenter.com.co
 línea nacional 3208899933 o en las
 tiendas.

Tirilla: 20 04 8797

DOC EQU: ENTE NRO: 2004 157365
 RANGO: C 3155-99999999
 Resol POS: 18762013755060 Abr 01/2019
 Vigencia hasta Abr 01/2021

ATENDIDO POR: Edgardo Jose Diaz Th
 NUMERO ARTICULOS ENTREGADOS: 18
 05/05/19 12:55 0020 04 8797 40

54174r
 NRO. PAQ: -----



SERVICIO AL CLIENTE TEL: 3208899933
 GRACIAS POR SU COMPRA !!!

Fuente: Elaboración Propia (2019)

