

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

**INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO
A UN CAMIÓN MINERO KOMATSU MODELO
830E, A FIN DE MEJORAR EL CONFORT
DE LA CABINA**

TESIS

Presentada por:

Bach. Brian Morce Loayza Ticona

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO

TACNA – PERU
2021

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

**INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO
A UN CAMIÓN MINERO KOMATSU MODELO
830E, A FIN DE MEJORAR EL CONFORT
DE LA CABINA**

Tesis sustentada el 11 de marzo del 2021, estando integrado el jurado calificador por:

PRESIDENTE


.....
Dr. Jesús Flacido Medina Salas

SECRETARIO


.....
Ing. Javier Feliciano Aguilar Ramirez

VOCAL


.....
Dr. Williams Sergio Almanza Quispe

ASESOR


.....
MSc. Avelino Godofredo Pari Pinto

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a aquellos que me ayudaron a seguir en la lucha constante por terminar mis estudios, a mi esposa e hijos y amigos que siempre tuvieron una palabra de apoyo para no desistir. Así como a todas las personas que conforman la ESMC, quienes colaboraron con nuestra formación profesional y humana durante estos años de estudio.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, particularmente a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, que a donde quiera que este llevare siempre el alto honor de haber sido parte de tan ilustre institución.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
1.1.1 Antecedentes del problema:	3
1.1.2 Problemática de la investigación.	4
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.5 OBJETIVOS.....	7
1.5.1 Objetivo general:.....	7

1.5.2 Objetivos específicos:	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	9
2.2 BASES TEÓRICAS.....	21
2.2.1 Teoría de los sistemas de aire acondicionado	21
2.2.2 Cálculo de capacidad aproximada de los equipos de aire acondicionado.....	27
2.2.3 Teoría de transferencia de calor.	28
2.2.4 Carga térmica.	31
2.2.5 Camiones minero Komatsu 830E.	41
2.2.6 Teoría del Confort.....	43
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	46
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	48
3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	48
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO	50
3.2.1 Población:	50
3.2.2 Muestra del estudio:	50
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	51

3.3.1 Identificación de las variables:	51
3.3.2 Caracterización de las variables:	51
3.3.3 Definición operacional de las variables:.....	51
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	54
3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	55
3.5.1 Objetivo específico 1:	55
3.5.2 Objetivo específico 2:	56
3.5.3 Objetivo específico 3:	57
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	59
4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA CABINA DEL CAMIÓN KOMATSU MODELO 830E	59
4.1.1 Descripción de la cabina del camión minero Komatsu 830E.	59
4.1.2 Dimensionamiento de la cabina del camión minero Komatsu 830E.	63
4.1.3 Análisis del confort térmico de la cabina.....	65
4.1.4 Análisis de estructuras de protección instaladas en la cabina. ...	69
4.2 DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	70

4.2.1 Cálculo de la carga térmica para climatizar la cabina.	70
4.2.2 Diagrama psicrométrico.	85
4.2.3 Selección del sistema de aire acondicionado.	88
4.2.4 Análisis ergonómica del operador en la preinstalación.	92
4.3 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.....	94
4.4 PRUEBAS DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	97
CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	98
5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	98
5.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	102
5.3 CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS.....	104
CONCLUSIONES	106
RECOMENDACIONES.....	108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
ANEXOS.....	112
Anexo 1: Foto de un Camión minero Komatsu modelo 830E.	112
Anexo 2: Informe de reporte de emergencia por aire acondicionado.....	113
Anexo 3: Manual de sistemas de Aire acondicionado compact cooler: .	115
Anexo 4: Volquetes teledirigidos:.....	118

Anexo 5: Plano de caracterización de la cabina del camión minero

Komatsu modelo 830E..... 121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Calor por conducción.	10
Tabla 2: carga de calor sensible.	11
Tabla 3: Resultado de cargas térmicas.	15
Tabla 4: muestra factores de calor por radiación	35
Tabla 5: Cantidad de calor emitido “W”	37
Tabla 6: Tabla de consistencia	49
Tabla 7: Cuadro de operacionalización de la variable dependiente.	52
Tabla 8: Cuadro de operacionalización de las variables independientes.	53
Tabla 9: Tabla de dimensionamiento de la cabina.	63
Tabla 10: Resultados de las mediciones de temperatura	65
Tabla 11: Resultados de la primera encuesta a los operadores	66
Tabla 12: Tabla de factores de radiación	72
Tabla 13: Coeficientes de conductividad térmica k	74
Tabla 14: Calor sensible por persona según actividad	77
Tabla 15: Calor latente por persona según actividad	79
Tabla 16: Sistemas de aire acondicionado a comparar	89
Tabla 17: Comparación de los sistemas de Aire acondicionado	90

Tabla 18: Encuesta post instalación	98
Tabla 19: Nivel de satisfacción de los trabajadores involucrados	99
Tabla 20: Costos del servicio de instalación	101
Tabla 21: Costos generales del proyecto mencionado	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: imagen del plano diseñado por Elmer Caruajulca Rimarachin.	12
Figura 2: Imagen de la zona de confort en el diagrama Psicrométrico según ASHRAE.	13
Figura 3: Imagen del equipo de aire acondicionado seleccionado por Edgar Napoleón.	16
Figura 4: Imagen de un equipo compacto de aire acondicionado.	20
Figura 5: Sistema de aire acondicionado mecánico eléctrico .	22
Figura 6: Imagen de un compresor mecánico	23
Figura 7: Imagen de un compresor hidráulico	23
Figura 8: Imagen de un compresor eléctrico	24
Figura 9: Imagen de un sistema de aire acondicionado tipo Split	26
Figura 10: Imagen de un sistema de aire acondicionado compacto.	26
Figura 11: Imagen externa de la cabina	41
Figura 12: Imagen interna de la cabina	42
Figura 13: Imagen de la mina de cobre en Cuajone	60
Figura 14: Exterior de la cabina del camión minero Komatsu	61

modelo 830E

Figura 15: Interior de la cabina del Volquete Komatsu 830E	62
Figura 16: Imagen muestra las dimensiones de la cabina	64
Figura 17: Nivel de sensación de calor	66
Figura 18: Camión minero en plena operación mina.	68
Figura 19: Grafico de presión de vapor saturado	81
Figura 20: Grafico psicrométrico de la humedad	83
Figura 21: Explicación de grafico psicrométrico de la humedad	86
Figura 22: Imagen de la posición más adecuada para conducir.	92
Figura 23: Imagen interior de la cabina del camión minero.	96
Figura 24: Imagen exterior de la cabina del camión minero.	96
Figura 25: Grafico del nivel de satisfacción	100

RESUMEN

Se estudio la cabina de un volquete Komatsu modelo 830E, del cual se tomaron datos importantes, como son: el volumen total de la cabina, tipo de material de la cabina, medidas de vidrios, número de personas que la ocupan, luminosidad, entre otras; para la posterior instalación de un sistema de aire acondicionado.

Con los datos obtenidos se pudo realizar el cálculo respectivo como son algunos de ellos, transferencia de calor y costes de equipos, así como su instalación. Seleccionando un sistema adecuado para la cabina de este camión de acarreo.

Finalmente probando este sistema se obtuvieron resultados positivos ya que se logró mejorar el confort de cabina de estos modelos de camiones de acarreo.

Palabras clave: Climatización, Confort térmico, Carga térmica.

ABSTRACT

The cabin of a Komatsu dump truck model 830E was studied, from which important data were taken, such as: the total volume of the cabin, the type of material in the cabin, the size of the glass, the number of people occupying it, the luminosity, among others; for the subsequent installation of an air conditioning system.

With the data obtained, it was possible to carry out the respective calculation as are some of them, heat transfer and equipment costs, as well as their installation. Selecting a suitable system for the cab of this haulage truck.

Finally, testing this system yielded positive results as it was possible to improve the cabin comfort of these models of hauling truck.

Keywords: Air conditioning, Thermal comfort, Thermal load.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta investigación es instalar un sistema de aire acondicionado en un camión minero Komatsu modelo 830E, a fin de mejorar el confort térmico de la cabina.

Así mismo tiene como objetivos específicos caracterizar la cabina del camión minero Komatsu modelo 830E, diseñar y seleccionar un sistema de aire acondicionado adecuado para mejorar el clima en la cabina de este camión de acarreo e instalar y probar el sistema de aire acondicionado seleccionado, de tal manera que se mejore el confort térmico.

Por ello, la ejecución de este trabajo es buscar un sistema eficiente de aire acondicionado el cual no implique demasiados costos y sea eficiente para estos camiones mineros que trabajan en la unidad minera Cuajone, que dará al trabajador una mejor experiencia satisfactoria a los operadores de la empresa.

La investigación en tecnología, se abrirá puerta a que se implemente gracias a la elaboración de este proyecto; en el rubro de aire acondicionado, buscando implementarse también en otros equipos que no cuentan con este sistema. Todo ello en compromiso con buen

desenvolvimiento de los trabajadores, a los cuales se les ofrece las herramientas idóneas para que se realice su trabajo.

Es preciso mencionar también que este proyecto apoya indirectamente al medio ambiente, ya que, al no empolvase mucho la cabina, se utilizarán menos químicos para su limpieza.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1 Antecedentes del problema:

Hoy en día se encuentra en apogeo las explotaciones de metales en el Perú, las empresas mineras ya existentes están en expansión y muchas en proyectos de construcción.

Una de estas, es la unidad minera Cuajone de la empresa Southern Perú Copper Corporation, la cual es una empresa que explota cobre a cielo abierto, todo esto en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua.

Esta unidad minera usa para su operación, maquinaria pesada como son: Palas, Perforadoras, Tractores, Excavadoras, Cargadores frontales, Motoniveladoras y Camiones mineros de las marcas Cat y Komatsu. Los camiones mineros que conforman esta flota pesada son los modelos: Cat 797H, Cat 793, Cat 985, Komatsu 830E, Komatsu 930E y Komatsu 980E.

En la unidad minera Cuajone encontramos cinco camiones mineros Komatsu modelo 830E los cuales pueden cargar hasta 255 toneladas, cuyo peso bruto del camión minero es de 385 553 kg, con un motor de 2500 hp.

1.1.2 Problemática de la investigación.

Sin embargo, en la operación de estos camiones mineros se presentan ciertos problemas, tales como:

- a) Paradas de equipo involuntario, debido al desconocimiento que los modelos 830E de camiones mineros Komatsu no perciben con el sistema de aire acondicionado de fábrica, reportando el mal funcionamiento del aire acondicionado.

- b) Sofocación de operadores; debido a que en plena operación de mina existe transferencia de calor entre el sol y de la cabina interior, más aún a través de las ventanas, lo cual provoca sudoración.

- c) Empañamiento de cabina; debido a la temporada de lluvias, donde se puede observar a menudo el empañamiento de cabina de los camiones minero, por lo cual los operadores podrían utilizar el sistema de aire acondicionado para desempañar la cabina, así como lo realizan otros operadores en los camiones minero que si perciben con un sistema de aire acondicionado.

Para ello, la presente investigación pretende Instalar un climatizador a uno de estos camiones minero Komatsu modelo 830E, a fin de mejorar el confort térmico de la cabina.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Ante lo explicado con anterioridad, nos hacemos la siguiente pregunta:

¿Será posible mejorar el confort térmico de cabina en camiones minero Komatsu modelo 830E, mediante la instalación de un sistema de aire acondicionado?

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La justificación lo haremos desde tres puntos de vista:

- a) Desde el punto de vista social; considerando al operador como un ser humano parte de esta sociedad es importante, ya que mediante esta instalación permitirá al operador mejorar su confort térmico, mejorará el clima laboral, disminuirán las enfermedades ocupacionales y el trabajador estará en completa predisposición.

b) Desde el punto de vista económico; los reportes disminuirán lo cual permitirá la atención rápida de otros equipos parados. Al no parar este camión minero la producción aumentara lo que generaría mayor ingreso a la empresa, así como también ahorraría servicios de mantenimientos correctivos de empresas externas.

c) Desde el punto de vista ambiental; cuando el trabajador está operando el equipo, por el calor producido dentro de la cabina suele abrir la puerta, permitiendo el ingreso de polvo dentro de esta, provocando que en su mantenimiento preventivo por 250 horas se tenga que realizar una limpieza con agentes limpiadores como son: limpiadores solventes y limpia vidrios contaminando el medio ambiente. Con esta instalación se eliminarían el uso de estos químicos y trapos industriales.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

El estudio presentado se realizará con un camión minero Komatsu modelo 830E de la unidad minera Cuajone, el cual está dentro del contrato de la empresa.

Así mismo solo se podrá tomar datos durante el día, ya que se necesita calcular la carga térmica y la empresa solo trabaja de día. Cabe mencionar también que solo se tiene permiso para subir al camión minero mientras esta en PM (mantenimiento preventivo). Dichas actividades se realizarán en coordinación y comunicación con trabajadores de la empresa contratante.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general:

- Climatizar la cabina de un camión minero Komatsu modelo 830E mediante un sistema de aire acondicionado, a fin de mejorar el confort térmico.

1.5.2 Objetivos específicos:

- Estudio de la cabina del camión minero Komatsu modelo 830E.
- Diseño y selección del sistema de aire acondicionado a instalar en la cabina.
- Instalación y prueba del sistema de aire acondicionado en la cabina.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Se encuentran los siguientes trabajos de base antecedente a la presente investigación:

En la investigación de Elmer Caruajulca Rimarachin, 2019, se encuentra el “Diseño de un climatizador utilizando celdas Peltier para obtener flujo de aire frío en la cabina del camión Hino 2626 en Ingesa Norte”. En el cual propone un climatizador, para mejorar térmicamente el confort de la cabina del operador. Mostrando los siguientes resultados:

Cargas térmicas por conducción, desde fuera de la cabina:

Tabla 1

Calor por conducción

Calor conducido en superficies, pisos y techos de cabina		
Cálculos	Material conductor	Calor (Watt)
	Techo de vehículo	96.69
CÁLCULOS TÉRMICOS DEL METAL	Puerta derecha e izquierda de metal	56.62
	Parte frontal del vehículo	18.74
	Parte trasera del vehículo	24.99
	Piso del automóvil	89.78
CÁLCULOS TÉRMICOS DE LOS VIDRIOS DE LA CABINA	Parabrisas frontal	56.7
	Parabrisas posterior	58.57
	Vidrios contiguos izquierdo y derecho	35.94
	Total	438.03

Fuente: Elmer Caruajulca Rimarachin, 2019.

Cargas térmicas en la cabina interior

Tabla 2

Carga de calor sensible

Carga de calor Sensible				
Ítem	Cantidad	K (Calor Absorbido por carga Watt/°C)	Variación de temperatura (34°C - 21°C)	Calor absorbido (Watt)
Luces 30 Watt	2	0.7	13	18.2
Motores Diesel 140 HP	1	9.23	13	119.99
Gente	2	6.45	13	167.7
Butacas	2	2.34	13	60.84
Componentes eléctricos	1	13	13	169
Total (Watt)				535.73

Fuente: Elmer Caruajulca Rimarachin, 2019.

Diseñando un plano de su proyecto, mostrando la vista frontal y su establecimiento del climatizador de cabina, el cual se observa en la siguiente figura:

Ubicación de las celdas peltier

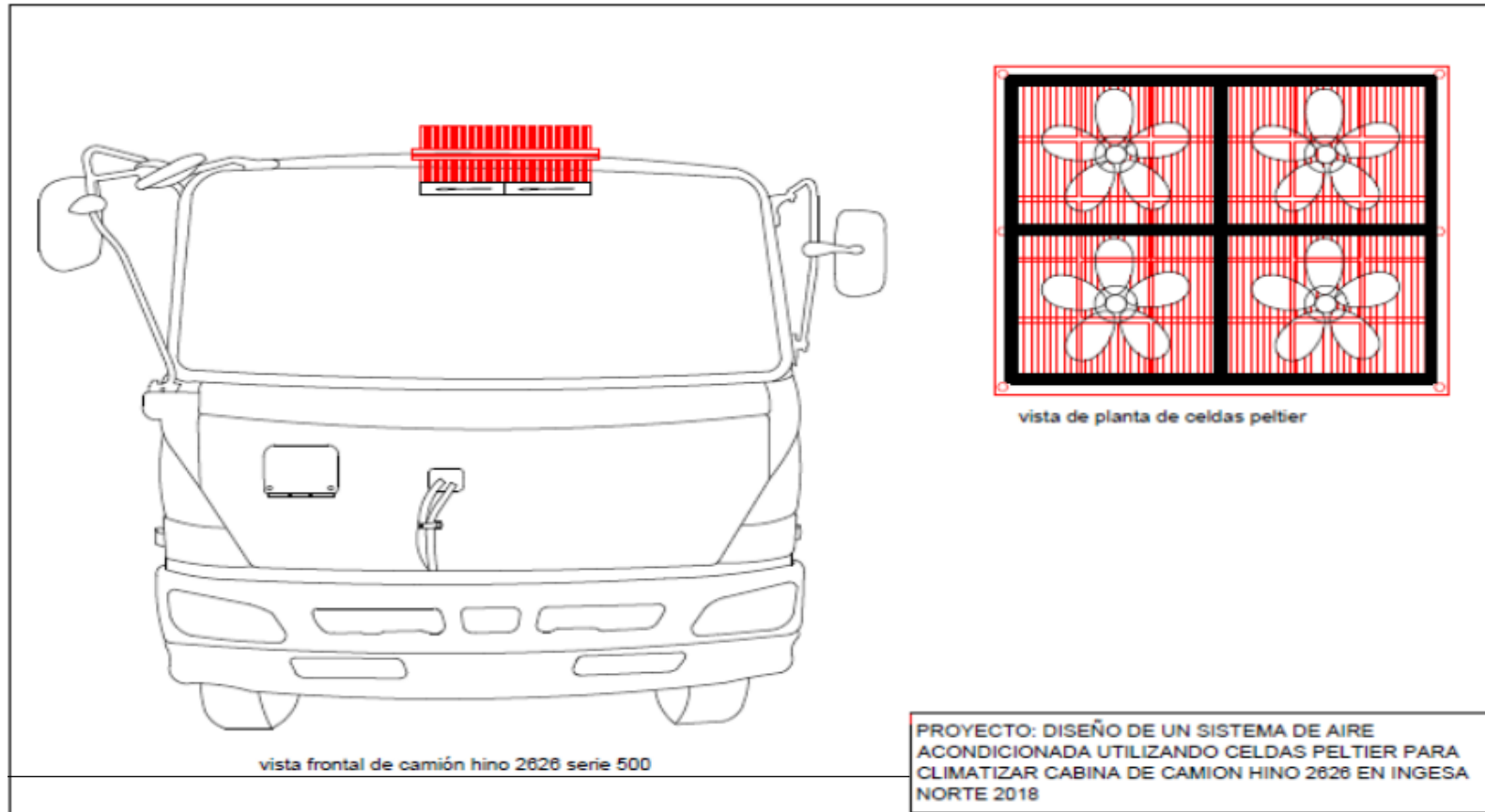


Figura 1. imagen del plano diseñado por Elmer Caruajulca Rimarachin.

Fuente: Elmer Caruajulca Rimarachin, 2019.

La finalidad de su investigación, es calcular la carga térmica de su habitáculo, para mediante un climatizador, quitar el calor y conseguir la zona de confort térmico. Dicha zona de confort térmico se puede observar en la siguiente imagen.

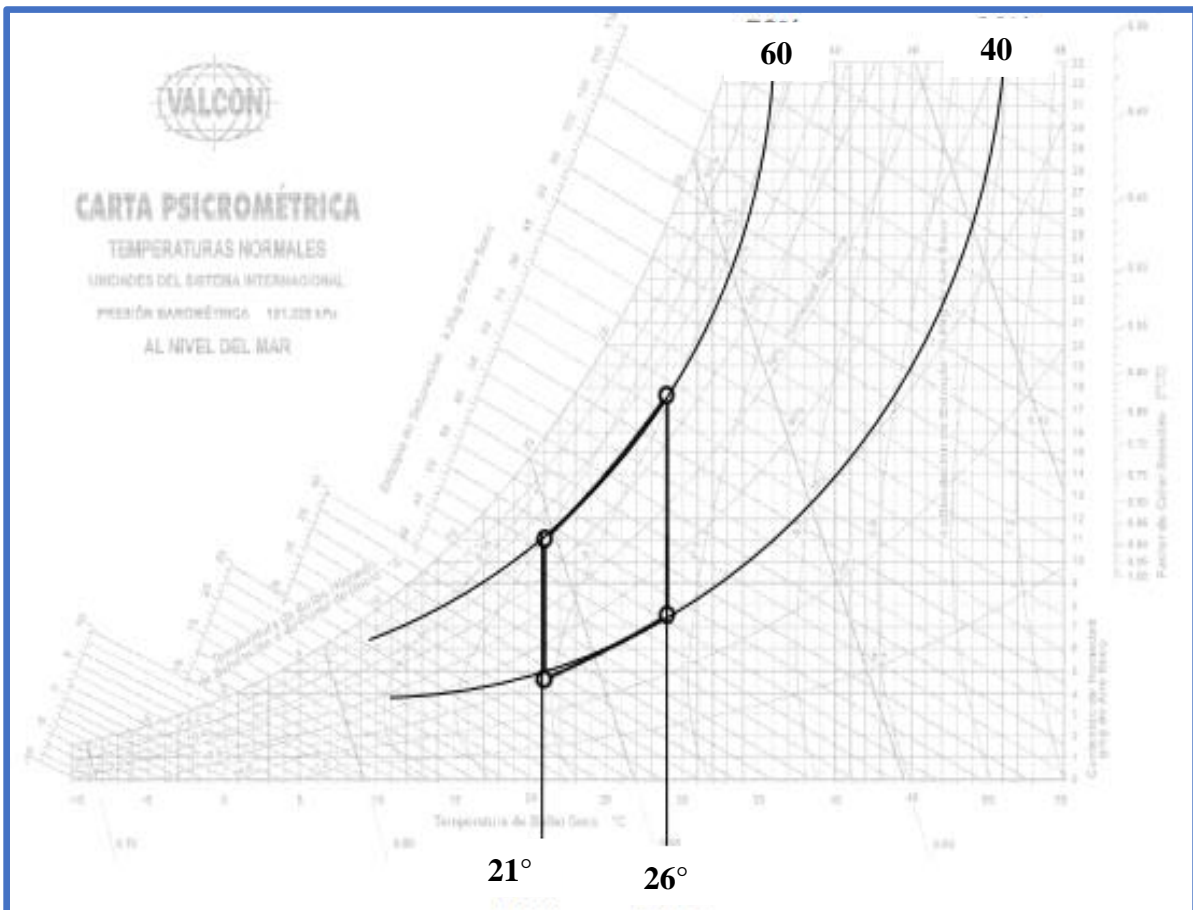


Figura 2. Imagen de la zona de confort en el diagrama psicrométrico según ASHRAE.

Fuente: página web: <https://termoaplicadaunefm.files.wordpress.com/2009/05/tema-v-psicrometric3ada1.pdf>

En la investigación de Edgar Napoleón Huanca Esquíá, 2016, se encuentra el “Diseño de un sistema de enfriamiento para un restaurante que se ubica en la ciudad de Lima” . En la cual da su propuesta de un sistema de climatización la propuesta de dar mejora a las situaciones laborales del centro de atención de comidas ubicado en la metrópolis de Lima, analizando las condiciones antes de la instalación, para después especificar las deseadas condiciones para el restaurante, mostrando los cálculos en la figura siguiente:

Tabla 3*Resultado de cálculo de cargas térmicas*

CONDICIONES PARA EL CÁLCULO			
Fecha	Febrero	Hora	02:00p.m.
Latitud	12°6'13.4°	Longitud	77°1'47°
TBS	88.7°F	TBS	71°F
SUMA DE CALOR SENSIBLE			
		BTU/H	TR
CARGA TERMICA POR CONDUCCION POR MEDIO DE SUPERFICIES EXPUESTAS AL EXTERIOR		51733.36	4.31
CARGA TERMICA POR CONDUCCION POR MEDIO DE SUPERFICIES TRASLUCIDAS		42698.81	3.56
CARGA TERMICA POR RADIACION POR MEDIO DE VIDRIOS		92710.44	7.73
CARGA TERMICA POR RADIACION POR MEDIO DE LUMINARIAS		3960	0.33
CARGA TERMICA POR OCUPANTES		43875	3.65
CARGA TERMICA POR ACTIVOS FISICOS		29376	2.45
CARGA TERMICA POR CAMBIOS DE AIRE		7614.08	0.63
SUMA DE CALOR LATENTE			
CARGA TERMICA POR CONDUCCION POR MEDIO DE SUPERFICIES EXPUESTAS AL EXTERIOR		0	0
CARGA TERMICA POR CONDUCCION POR MEDIO DE SUPERFICIES TRASLUCIDAS		0	0
CARGA TERMICA POR RADIACION POR MEDIO DE VIDRIOS		0	0
CARGA TERMICA POR RADIACION POR MEDIO DE LUMINARIAS		0	0
CARGA TERMICA POR OCUPANTES		55250	4.6
CARGA TERMICA POR ACTIVOS FISICOS		0	0
CARGA TERMICA POR CAMBIOS DE AIRE		31379.26	2.61
Q TOTAL = Q SENSIBLE+Q LATENTE			
CARGA TERMICA REQUERIDA		334563.99	29.87

Fuente: Edgar Napoleón Huanca Esquía, 2016.

Seleccionando el siguiente equipo de una capacidad de 48 000 BTU, el que se muestra en la siguiente figura:



Figura 3. Imagen del equipo de aire acondicionado seleccionado por Edgar Napoleón.

Fuente: Edgar Napoleón Huanca Esquí, 2016.

En el análisis de Martín Javier Kutsuma Ogata, 2011, se encuentra el diseño de observación para una clase, en la cual tuvo como objeto idear un sistema de regulador del clima de porte, con el objeto de mejorar las condiciones de obligación en la apoteca CAD-CAE y los espacios contiguos (INACOM y despacho). Por eso, el analizó las condiciones antaño a la consolidación del sistema, recopilando información transversal, como los escenarios del clima. Posterior a esto, se estableció las condiciones idóneas, para después dar especificaciones de las condiciones que se desean en Aquello lugar.

En la investigación de Carvajal Aumala Victor Hugo y Cando Macas William, 2011, se encuentra la edificación de un climatizador automotriz introduciéndole una cabina. El cual tuvo como finalidad realizar la instalación a un automóvil y simular de la forma más real su funcionamiento.

Cabe mencionar que años atrás los operadores de equipo pesado de la unidad minera Cuajone no contaban con el sistema de aire acondicionado, lo que hacían ellos para una mejor comodidad era dejar la puerta abierta y operar el equipo, cuando hacía mucho calor.

Hoy en día se tiene muy en cuenta la seguridad y salud ocupacional por lo cual aparecieron muchas normas para el operador, con el propósito de cuidar su salud, prohibieron abrir la cabina mientras se opera un equipo ya que este podría desarrollar a futuro una enfermedad ocupacional como es la silicosis.

Los operadores de los camiones minero Komatsu modelo 830E hoy en día solicitan implementación de aire acondicionado a sus unidades y en ocasiones se niegan a trabajar por muchos aspectos uno de ellos es el empañamiento de cabina. Por lo mencionado los operadores no quieren trabajar cuando es inseguro, ya que se guían según la norma OHSAS 18 001.

Este sistema es utilizado para el control de la temperatura en un espacio, tiene diferentes beneficios, el manejo de la temperatura, del escape de aire, expulsión de la humedad del medio, la circulación y barrido de aire.

En el comercio se ven diferentes variedades de climatizadores, de muchas marcas y funciones distintas, con sistemas de frío, frío-calor, purificadores, etcétera.

Con los que generalmente se conoce y caracteriza al aire acondicionado, es la unidad de medida de energía BTU (British Thermal Unit), que está referido como la cantidad de energía necesaria para subir la temperatura de una libra de agua a 1º Fahrenheit.

Esta unidad de medida es necesaria cuando se necesita planificar el sistema de climatización, puesto que definirá su comodidad y confortabilidad térmica. Si esta no representa un número adecuado no será posible obtener un clima deseado puesto que provoca un uso incorrecto del sistema lo que llevará a un inminente daño parcial o total del equipo.

En la página web "Transporte Profesional.es", se publicó un artículo denominado "Aire acondicionado Cold Top Vario de Webasto", en la cual menciona lo siguiente:

En verano, mientras se realiza los cortes obligatorios y para soportar el horario nocturno, los profesionales conduciendo deben escoger entre dos posibles que traen consecuencias negativas al trabajador: sentir el calor de fuera, que reduce las horas de siesta, o sostener al motor en marcha al ralentí para así, tener en disposición el aire acondicionado en la cabina, lo que, está vetado en diversos países de Europa, tiene como consecuencia la incomodidad y el alza de precio consumido por el combustible utilizado.

Y sin embargo hay una alternativa positiva los cuales son los equipos de aire acondicionado independientes y autónomos del motor de los autos como el Cool Top Vario de Webasto, que da paso a reducir los tiempos de funcionamiento del motor al relato permite que da paso a reducir al mínimo los tiempos de funcionamiento del motor al ralentí permitiendo que se ahorre combustible y así reducir el dióxido de carbono emitido a la atmosfera, asimismo permite que el reparador esté en descanso y fresco.



Figura 4. Imagen de un equipo compacto de aire acondicionado

Fuente: página web <https://www.transporteprofesional.es/images/stories/10/webasto>

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Teoría de los sistemas de aire acondicionado

Por mucho tiempo, los climatizadores de aire fue una alternativa no muy conocida. Fue hasta 1966 que este motor Services manual hizo su publicación que se habían hecho las ventas de 3560000 unidades de este sistema de aire acondicionado para autos en el que las ventas con opción de tener este sistema aumentaron considerablemente. Ya para 1987, las unidades de aire acondicionado fueron aumentando a 19 571 00. Actualmente se tiene una estimación de que el 80% de los autos y camiones cuenta con este aire acondicionado.

Los equipos de aire acondicionado en el rubro automotriz, están cambiando de manera continua, puesto que ahora existen mayor cantidad de esquemas de compresores y equipos electrónicos que dan mejora a las exigencias de estos sistemas, por el lado de los refrigerantes, los CFC (clorofluorocarbonos, también distinguidos como R-12 o freón) están pasando por un proceso de cambio por gases otros de los refrigerantes como el R-134, en el que el cloro no es parte de sus componentes, puesto que son factores de contaminación.

En el mundo de aire acondicionado moderno y climatización de cabinas para trabajos estacionarios, se pueden apreciar muchos diferentes sistemas de aire acondicionado actual, los cuales se muestran en las siguientes imágenes.

a) Sistema de aire acondicionado mecánico eléctrico:

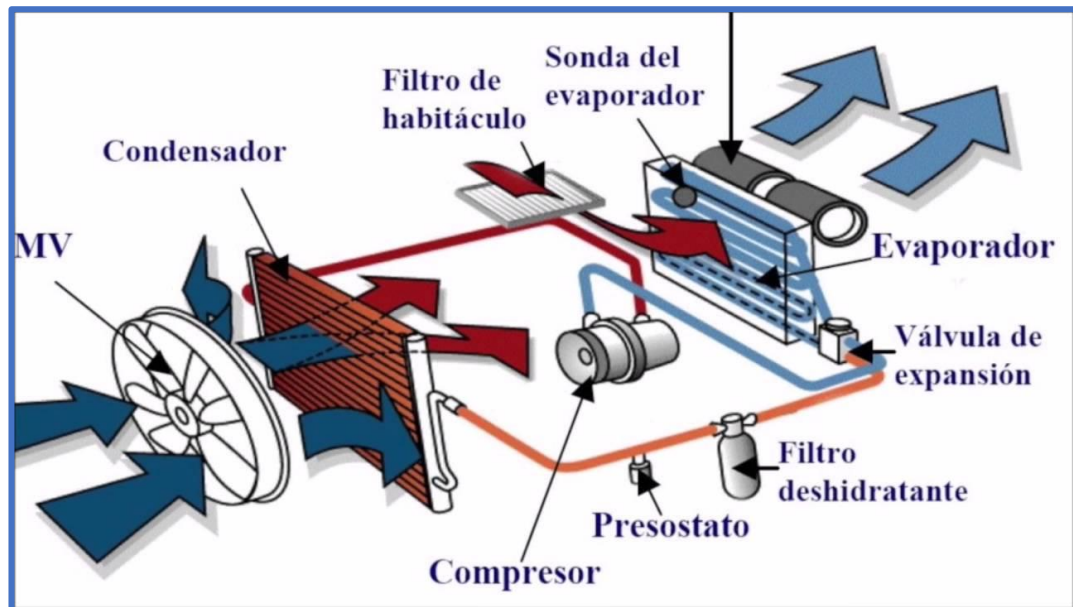


Figura 5. Sistema de aire acondicionado mecánico eléctrico.

Fuente: página web <http://leopoldorosarioaaa.blogspot.com/2017/07/func>

- De compresor mecánico



Figura 6. Imagen de un compresor mecánico

Fuente: página web <http://leopoldorosarioaaa.blogspot.com/2017/07/funcion>

- De compresor hidráulico



Figura 7. Imagen de un compresor hidráulico

Fuente: página web <https://www.rsturia.com/producto/compresor-aire-y-bomba-hidraulica/>

- De compresor eléctrico



Figura 8. Imagen de un compresor eléctrico

Fuente: página web <http://leopoldorosarioaaa.blogspot.com/2017/07/funcionamiento>

La composición básica de este sistema de aire acondicionado son los siguientes:

- Compresor; comprime el gas que viene desde el evaporador en estado de gas. Su presión asciende la temperatura del gas que regresa a líquido y se calienta.
- Condensador; hecha para disipar calor, y con normalidad está situado frente al radiador.
- Evaporador, es un intercambiador de calor en el cual se realiza el intercambio de energía térmica desde un espacio a ser congelado hasta el fluido refrigerante que se esparce por dentro.

- Dispositivos reguladores de presión; Elemento que protege. Su funcionalidad es, quitar la conexión del compresor cuando el sistema se encuentre en altas presiones.
- Líneas de circulación del gas o líquido refrigerante.
- Válvula de expansión térmica, regulariza el flujo del refrigerante a través de la compresión o expansión según la cantidad de presión
- Depósito – secador (filtro secador o botella); Su función es extraer humedad del sistema. Posterior a efectuar un proceso de vacío, todavía hay la posibilidad de que haya humedad.
- Acumulador, es el dispositivo que acumula el refrigerante que regresa del evaporador para redirigirlo al compresor
- Refrigerantes R-12 y R134-a.

b) Sistema de aire acondicionado tipo Split:



Figura 9. Imagen de un sistema de aire acondicionado tipo Split

Fuente: <http://ingeneriapotencial.blogspot.com/2019/02/aire>

c) Sistema de aire acondicionado compacto:



Figura 10. Imagen de un sistema de aire acondicionado compacto

Fuente: <https://www.webasto-comfort.com/es-es/soluciones>

2.2.2 Cálculo de capacidad aproximada de los equipos de aire acondicionado.

Hay métodos que han sido bastante desarrollados para hacer los cálculos de carga térmica, que dan paso a conocer la capacidad del equipo del aire acondicionado en un espacio determinado.

El cálculo varía de acuerdo a la suma de ventanas y orientación, gente en el área a calcular, los insumos para la edificación del área a climatizar y los activos usados que van a generar calor dentro de esta cabina, para ello se a de tener cuenta lo siguiente:

12,000 BTU = 1 Tonelada de refrigeración = 3,000 frigorías

3412.142 BTU = 1 kW

Cálculo de capacidad:

$$QT = QS + QL \quad [1]$$

Donde:

QT = Carga térmica total

QS = carga térmica por calor sensible

QL = carga térmica por calor latente

2.2.3 Teoría de transferencia de calor.

El mecanismo básico para la transmisión del calor se realiza siguiendo lo siguiente:

- a) Conducción: su transmisión de calor ocurre cuando hay un medio físico por ejemplo cuando se el extremo de una barra metálica se calienta; este da por resultado la transmisión del calor hacia el otro extremo de esta barra.

$$\frac{Q}{Qt} = \frac{kA}{x} (T1-T2) \quad [2]$$

Donde:

$\frac{Q}{Qt}$ = Calor transmitido por unidad de tiempo

K = Conductividad térmica

A = Área de la superficie de contacto

(T1 – T2) = Diferencia de temperatura entre el foco

x = Espesor del material

b) Convección: de la misma forma con la conducción esta se realiza transmitiendo un medio natural físico se diferencia en que existe un fluido sea líquido o gaseoso. En éste se produce el movimiento del fluido por la diferencia de densidades que existe en este, por esta causa del calor que se recibe de la masa del fluido, puesto que este se calienta y sube, la cual tiene una menor densidad, y se reemplaza por otra, que es menos caliente y por ello, tiene mayor densidad.

$$\frac{dQ}{dt} = h \times A_s \times (T_s - T_{inf}) \quad [3]$$

Donde:

h = Coeficiente de convección

A_s = Área del cuerpo

T_s = Temperatura de la superficie

T_{inf} = Temperatura inferior

c) Radiación: esta se realiza por medio del espacio. Esta puede verse en la forma que el sol llega a nuestro planeta y atmósfera. Este tipo de transferencia de calor, se da por medio de las ondas electromagnéticas, las que pueden llegar en onda corta o larga. Su emisión se da por fuentes radiantes con grandes temperaturas, como por ejemplo la estrella solar u otra iluminación artificial como las lámparas incandescentes. Esta radiación térmica se absorbe por distintas superficies del edificio y su entorno.

En contraparte, la radiación térmica de onda larga es transmitida por fuentes radiantes a temperatura baja; esta es absorbida, de igual forma, por las superficies que podemos observar en nuestro medio.

$$Q = A \times \delta \times \varepsilon \times \Delta T \quad [4]$$

Donde:

Q = Tasa de transferencia de calor por radiación (Watt)

A = Área de transferencia de calor

δ = Constante adimensional igual a $5,67 \times 10^{-8} (W/m^2)$

ΔT = Diferencia de temperatura °C

ε = Emisividad $0 < \varepsilon < 1$

2.2.4 Carga térmica.

Cuando se habla de hallar la carga térmica, se necesita tener claro la diferenciación entre calor sensible y latente:

Calor sensible: este es el calor que los cuerpos tienen debido a la temperatura. Es transmitido desde un cuerpo que tiene una temperatura alta a otro que una que tiene una temperatura menor, quiere decir que hay una discordancia de temperaturas entre estos dos cuerpos y por ello se da una transmisión de calor.

Calor latente: se refiere al calor emitido o extraído de los cuerpos al mudar de Estado. Como ejemplo podemos entender al agua hirviendo en el cual pasa de fase líquida a gaseosa en una olla esto emite mucho calor al ambiente que la rodea, la cual está a una temperatura menor, y esta provoca un crecimiento de temperatura. Si el agua se congela pasa de líquido a sólido, este extrae el calor del ambiente lo cual enfría por su menor temperatura.

Para poder determinar las cargas térmicas totales que deben vencer estos equipos de climatización en distintos locales se debe considerar lo siguiente:

a) Cargas sensibles:

- Transferencia de calor en superficies opacas
- Transferencia de calor en superficies traslúcidas
- Radiación solar
- Cambios de aire
- Ocupantes del área
- Iluminación
- Activos físicos

b) Cargas latentes:

- Cambios de aire
- Ocupantes del área.

A continuación, se calculará el valor requerido para las cargas:

a) Cargas sensibles:

Carga térmica que se transmite a partir de superficies opacas. La carga térmica por transmisión se resuelve de la siguiente forma:

$$Q = U \times A \times \Delta T \quad [5]$$

Siendo:

Q = carga térmica por transmisión (W)

U = transmitancia térmica del muro (W/(m².°C))

A = superficie del muro expuesta a la diferencia de temperaturas
(m²)

ΔT = diferencia de temperaturas

Transmisión de calor a través de superficies traslucidas.

Llámesese superficies traslucidas a materiales como las ventanas. Esta carga térmica por transmisión se da por medio de superficies traslúcidas y no se hace corrección en función de la orientación puesto que la radiación solar se cuantifica como carga parte. Se obtiene como:

$$Q = U \times A \times \Delta T \quad [6]$$

Donde:

Q = carga térmica por transmisión (W)

U = transmitancia térmica del cerramiento (W/(m².°C))

A = área del cerramiento expuesta a la diferencia de temperaturas (m²)

ΔT = diferencia de temperaturas entre las superficies interior y exterior del cerramiento (°C)

Cargas térmicas por radiación solar

La radiación solar pasa a través de ventanas o materiales transparentes, y tiene incidencia en áreas inferiores de los locales y así se calientan. Esta hace que se incremente la temperatura del medio interior.

Estas cargas por radiación se obtienen a través de:

$$Q = A \times R \times f \quad [7]$$

Siendo:

Q = carga térmica por radiación solar (W).

A = superficie traslucida expuesta a la radiación en (m²).

R = radiación solar que atraviesa un vidrio sencillo en (W/m²),
tabulada para cada latitud.

f = factores de corrección de la radiación en función del tipo de
vidrio, efecto de sombras, etc.

A continuación, se muestra una tabla de los puntos máximos de los factores por radiación solar, pasando por un vidrio sencillo (Manual de Aire Acondicionado de la Corporación Estadounidense *Carrier*).

Tabla 4

Factores de calor por radiación

época	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Época
Diciembre	S	103	90	56	44	44	44	44	44	44	44	56	90	103	S	Junio
	SE	329	437	408	305	173	59	44	44	44	44	37	31	15	SE	
	E	339	491	506	449	307	##	44	44	44	44	37	31	15	E	
	NE	131	235	283	283	230	##	53	44	44	44	37	31	15	NE	
	N	15	31	37	44	46	59	66	59	46	44	37	31	15	N	
	NO	15	31	37	44	44	44	53	138	230	283	283	235	131	NO	
	O	15	31	37	44	44	44	44	138	307	449	506	491	339	O	
	SO	15	31	37	44	44	44	44	59	173	305	408	437	329	SO	
	Horizontal	59	191	412	566	682	##	786	754	682	566	412	191	59	Horizontal	
Enero y noviembre	S	68	63	44	41	44	44	44	44	44	41	63	68		S	Mayo y julio
	SE	292	412	386	280	144	50	44	44	44	41	28	12		SE	
	E	313	487	515	456	311	##	44	44	44	29	28	12		E	
	NE	131	258	314	314	261	##	68	44	44	41	28	12		NE	
	N	12	28	37	44	63	85	94	85	63	44	28	12		N	
	NO	12	28	37	41	44	44	44	166	261	314	258	131		NO	
	Horizontal	46	208	386	553	673	##	774	742	673	553	386	208	46	Horizontal	

Fuente: Victorio Santiago Diaz (2005) Acondicionamiento Térmico

Teniendo en cuenta a los coeficientes de corrección F habitualmente se aplican el de marco metálico ($f = 1,17$) y el factor por radiación del vidrio. En caso se desee aplicar dos coeficientes de corrección, se multiplicarán dichos coeficientes.

Carga sensible por cambios de aire o ventilacion

Se halla con la siguiente fórmula:

$$Q = 0,34 \times Q \times \Delta T \quad [8]$$

Donde:

Q = carga térmica sensible por cambios de aire (W).

Q = caudal de aire infiltrado o de ventilación (m^3/h).

0,34 = calor específico del aire en base al volumen ($W/(m^3 \cdot ^\circ C)$).

ΔT = diferencia de temperatura entre el ambiente exterior y el interior. ($^\circ C$).

Carga sensible por ocupación del local

La cantidad de calor emitido por persona se obtiene de la tabla siguiente:

Tabla 5*Cantidad de calor emitido "W"*

Actividad realizada	28 °C		27 °C		26 °C		24 °C	
	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentado en reposo	45	45	50	40	55	35	60	30
Sentado trabajo ligero	45	55	50	50	55	45	60	40
Oficinista, actividad ligera	45	70	50	65	55	60	60	50
Ocupante de pie Tienda	45	70	50	75	55	70	65	60
Ocupante en movimiento Banco	45	80	50	75	55	70	65	60
Trabajo sedentario	50	90	55	85	60	80	70	70
Esfuerzo ligero taller	50	140	55	135	60	130	75	115
Persona que camina	55	160	60	155	70	145	85	130
Persona que baila	70	185	75	175	85	170	95	155

Fuente: página web <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/>

$$Q_{so} = W \cdot N^{\circ} \quad [9]$$

Donde:

Q_{so} = Carga sensible por ocupación del local

W = Factor de corrección de los ocupantes

N° = Número de ocupantes

Cargas generadas por la iluminación

Tomando en cuenta que la potencia que integra a la lámpara se convertirá en calor sensible, en tal caso las lámparas de descargas, que son fluorescentes, incrementaran su valor obtenido hasta en un 25 %.

Luminarias incandescentes o LED:

$$Q = Pot(W) \quad [10]$$

Donde:

Q = carga térmica por iluminación (W).

Pot = potencia de las lámparas (W).

Se tomará en cuenta que la energía expulsada de los activos físicos se convierten en calor sensible íntegramente

Cargas generadas por las máquinas presentes

Debe resaltarse que las pérdidas de la maquinaria se convierten de forma íntegra en calor sensible:

$$Q = (1 - \eta) \times Pot(W) \quad [11]$$

Donde:

Q = carga térmica por maquinaria (W)

η = rendimiento de la máquina, en caso de ser de estos dispositivos electrónicos se considerará en 0. Los motores, transformadores y maquinarias, generalmente se determinan por la documentación del equipo.

Pot = potencia de la maquinaria (W)

b) Cargas latentes

Carga latente por ventilación o infiltración de aire exterior

A continuación, su determinación:

$$Q = 0,63 \times V \times \Delta W \quad [12]$$

Donde:

Q = carga térmica latente por ventilación o infiltración de aire (W)

V = caudal de aire infiltrado o de ventilación (m³/h)

0,63 = producto de la densidad estándar del aire (1.2 kg/m³) por el calor latente de vaporización del agua (2.26 J/kg)

Δw = diferencia de humedad absoluta entre el ambiente exterior y el interior (K)

Carga latente por ocupación del local

Se calcula multiplicando un valor de calor latente que el ocupante emite y la cantidad de personas que ocupan dicho local. Y el calor que emite cada una se obtiene en la tabla que está en el anexo donde se hace la descripción de la carga sensible por ocupación del local:

$$Ql = Wl \times N^{\circ} \quad [13]$$

Donde:

Ql = carga latente por ocupación del local

Wl = factor de corrección de los ocupantes

N° = número de ocupantes

2.2.5 Camiones minero Komatsu 830E.

Se describe a un camion Tolva con vaciado por detrás, para ser utilizado fuera de carretera y propulsión eléctrica, cuyo peso bruto es de 385 553 kg (850.000 lb) (240 – 255 toneladas de carga útil nominal).

A continuación, se muestran las siguientes imágenes de la cabina:



Figura 11. Imagen externa de la cabina

Fuente: <https://docs.google.com/file/d/0B1WvXuSVyhHqeXFyemZaVUF5>



Figura 12. Imagen interna de la cabina

Fuente: página web: <https://docs.google.com/file/d/0B1WvXuSVyhHqeXFyemZaVUF5>

2.2.6 Teoría del Confort.

En la investigación de Julián Pérez Porto y Ana Gardey. Publicado: 2010. Indica el confort como sigue. Confort es una palabra francesa aceptada por la Real Academia Española (RAE). Referido aquello que está comodidad y bienestar a la persona que use el servicio, y está dado por alguna cosa física, ambiental o que no se pueda ver que produce en la persona una sensación de satisfacción; como por ejemplo una temperatura adecuado, silencio, etcétera.

Los seres humanos tendemos a buscar las zonas de confort en cualquier momento. Y un sistema que contribuye a que el trabajador se sienta en una zona de confort, es el aire acondicionado, además de las facilidades de transporte que busca darle al empleado una disponibilidad de comedor en el lugar.

Confort térmico generalmente, se refiere al nivel térmico; es la etapa en el que no es obligatoria la interacción de nuestro sistema termoregulador para que el cuerpo experimente confortabilidad en una habitación. Se puede reconocer dicho fenómeno para así impedir que se eleven los índices recomendados y se generen efectos tales como los que conocemos como sudor.

Para poder adaptarnos a los cambios del clima, el cuerpo tiene herramientas idóneas para hacer frente a esto. En situaciones de normalidad, el cuerpo funciona a un promedio de temperatura de 36° centígrados, y tiene sensibilidad con incrementos de temperatura internos: 6° aumentados son los suficientes para poder generar consecuencias hasta la muerte.

Las temperaturas mínimas son aún más complicadas de tolerar para el cuerpo humano, puesto que cuando se llega a los 35°C, ya considerado hipotermia, se siente la somnolencia y se entra a un letargo hondo.

La persona que practica actividad física regular, mientras esta en un cuarto sentada, usando ropa ligera, puede generar un bienestar térmico con la temperatura regular de 23°C. otro factor que genera bienestar es el de la humedad relativa, que puede ser usada como tema de la incomodidad generada, pero nuestro cuerpo lo tolera de manera normal y significativa, soportando hasta un 75%

Es necesario tomar en consideración la radiación dado que el cuerpo siente sus cambios, de manera muy precisa, todo esto se aprecia mejor en situación con temperaturas inferiores a lo que se recomendó, pero con luz solar entrante a la habitación, lo que daría resultado a un incremento de confort térmico. Las tecnologías que se basan en esto, son as losas radiante y radiadores.

Finalmente, y resumiendo, el cuerpo de las personas genera gran calor y este se intercambia en medida de su entorno; todo este fenómeno térmico en lo que este está involucrado deben ser estudiados a profundidad para mejorar e acondicionamiento de la habitación.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

BTU (British Thermal Unit), unidad de energía usada más en sistemas de aire acondicionado. Ambler Thompson y Barry N. Taylor. (2008). Guía para el uso de SI. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/BTU>.

Capacidad calorífica puede ser llamado también capacidad térmica de un elemento, es la cantidad de energía calorífica necesaria que se transfiere a una superficie, en un procedimiento cualquiera y la temperatura que cambia en una unidad de Temperatura. Resnik Halliday Krane. (2002). Física Volumen 1. Reuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Capacidad_calorífica.

Calor: referida a la energía transmitida, que se da cuando hay un cruce del límite de un sistema termodinámico. Bemal, Torres, Saldaña. (2014). Termodinámica. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Calor#>.

Temperatura magnitud que se refiere a los conocimientos de calor que se mide mediante un termómetro. Yunnus A. Cengel. (2009). Termodinámica, 6ta edición. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura>.

Carga térmica, es aquella cantidad de calor que debe ser quitada del lugar por refrigerar para no aumentar o mantener la temperatura deseada. Jamesson Fernando. (2012) Carga térmica. Recuperado de <https://www.mundohvacr.com.mx/2012/06/carga-termica/>.

PM Mantenimiento preventivo. Spivey Jasom. La importancia del mantenimiento preventivo. Recuperado de <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/the-importance-of-preventive-maintenance>.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación:

El tipo de investigación es de aplicación tecnológica en cuanto al propósito ya que está centrada en encontrar un sistema actualizado para resolver el problema centrando un objetivo. Por su naturaleza de los datos y de la información es cuantitativa.

El diseño utilizado en el estudio es de campo, ya que se recolectarán datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables.

Las características de la investigación se describirán en la siguiente tabla de consistencia.

Tabla 6*Tabla de consistencia*

Problema	Objetivo general	Hipótesis	Variables	Metodología	Población
¿Será posible mejorar el confort de cabina en camiones minero Komatsu modelo 830E mediante la instalación de un sistema de aire acondicionado?	- Instalar aire acondicionado a un camión minero Komatsu modelo 830E, a fin de mejorar el confort de la cabina.	Mediante la instalación de aire acondicionado se mejorará el confort de la cabina del camión minero Komatsu modelo 830e.	Flujo de aire Temperatura de la cabina Pureza del aire Confort de la cabina	El estudio es bibliográfico ya que me fundamentare en la revisión sistemática y profunda de material documental analizándolas para presentar un resultado coherente.	Camión minero Komatsu modelo 830E de la Unidad Minera Cuajone

Fuente: Elaboración propia

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

3.2.1 Población:

La población como efecto de diseño se concentrará en los camiones minero Komatsu de la Unidad Minera Cuajone, sumando un total de 21 camiones mineros de la marca Komatsu, al cual la empresa Selin S.R.L realiza el mantenimiento de Aire Acondicionado y Calefacción.

3.2.2 Muestra del estudio:

Para muestra de estudio de los 21 equipos, se tomó un camión minero Komatsu modelo 830E. Al cual se puede determinar partiendo de aplicaciones de sistemas de aire acondicionado de diferentes modelos y marcas que sean aplicables al camión minero. Como por ejemplo los camiones mineros 980E que vienen con aire acondicionado de fábrica.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 Identificación de las variables:

a) Variable dependiente:

- Confort térmico de la cabina

b) Variables independientes:

- Flujo de aire

- Temperatura de la cabina

- Pureza del aire

3.3.2 Caracterización de las variables:

La variable dependiente tiene los siguientes indicadores: Numero de reportes de inconformidad de los operadores al día.

Las variables independientes tienen los siguientes indicadores: nivel de pureza de aire, cantidad de flujo de aire, BTU's necesarios, temperatura adecuada.

3.3.3 Definición operacional de las variables:

Las variables las definiré realizando su operacionalización en dos tablas, una para las dependientes y otra para las independientes.

Tabla 7*Cuadro de operacionalización de la variable Dependiente*

Variable dependiente	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos
Confort de la cabina	Se eliminará la sudoración, sofocación y empañamiento mediante el uso de aire frío. Se disminuirán las emergencias mediante la instalación	Tipos de aire acondicionado según compresor. Cantidad de BTUs o flujo calorífico necesario	Numero de reportes de inconformidad de los operadores al día.	Hojas de cálculo, Fórmulas matemáticas, Tablas

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8*Cuadro de operacionalización de las variables Independientes*

Variable dependiente	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos
Flujo de aire, Temperatura de la cabina, Pureza del aire	Se instalará un climatizador en la cabina que convenga para mejorar el confort térmico.	Tipos de refrigerante, Tipos de filtros de aire, Rpm del ventilador, Cantidad de grados Celsius	nivel de pureza de aire, cantidad de flujo de aire, BTUs necesarios, temperatura adecuada	Hojas de cálculo, Fórmulas matemáticas, Tablas

Fuente: Elaboración propia

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Del estudio mecánico

- Informes de los equipos
- Catálogos de los equipos
- Bases teóricas de funcionamiento
- Herramientas y equipos de taller
- Sistema de aire acondicionado a instalar

Del cálculo

- Apuntes
- Tablas dinámicas en el programa Excel
- Diseño y simulación en AutoCAD o SolidWorks

3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Las acciones y actividades que se realizaron las describiré según los objetivos específicos y numerándolos.

3.5.1 Objetivo específico 1:

“Estudio de la cabina del camión minero Komatsu modelo 830e.”

a) Estrategia

Para cumplir el siguiente objetivo se realizarán las siguientes actividades:

- Solicitar permiso para subir al equipo
- Solicitar herramientas de medición
- Coordinar con los trabajadores para ingresar a la cabina
- Tomar medidas en bosquejos traslucidos en papel

b) Método de recolección de datos

Los datos se recolectarán directamente de la cabina del camión minero Komatsu modelo 830E y serán llenados en hojas blancas.

c) Procesamiento de datos

Los datos serán registrados en hojas de cálculo Excel para después diseñarlos en AutoCAD para el respectivo cálculo

3.5.2 Objetivo específico 2:

“Diseño y selección del sistema de aire acondicionado a instalar en la cabina.”

a) Estrategia

- Revisar las bases teóricas y la bibliografía.
- Establecer los parámetros con datos reales para el uso de tablas
- Calcular, de acuerdo a los parámetros anteriormente tomados, la carga térmica de la cabina
- Seleccionar los sistemas de aire acondicionado adecuados para la carga térmica calculada.
- Comparar y seleccionar el mejor sistema a instalar teniendo en cuenta el coste, tiempo de instalación y efectividad.
- Diseñar el equipo en la cabina antes de su instalación.

b) Método de recolección de datos

Los datos serán obtenidos de los cálculos que se realizarán de acuerdo a su tipo de calor ya sea sensible o latente.

Con la carga total obtenida se procederá a la selección del equipo con las mejores características para la instalación en la cabina. Algunas características son: precio de componentes, tiempo de instalación, dimensiones y la carga del equipo.

c) Procesamiento de datos

Los datos obtenidos en las tablas anteriores, se usarán para seleccionar un equipo que cuente con las especificaciones solicitadas.

Luego de la selección, se diseñará la instalación del equipo en AutoCAD o SolidWorks.

3.5.3 Objetivo específico 3:

“Instalación y prueba del sistema de aire acondicionado en la cabina”

a) Estrategia

- Solicitar permiso para tomar el equipo
- Solicitar personal calificado para realizar la instalación
- Presentar el climatizador en el equipo
- Instalar el sistema
- Realizar pruebas al climatizador instalado

b) Método de recolección de datos

Se presentará el sistema de aire acondicionado seleccionado para el camión minero Komatsu 830E, de tal manera que no ocurra ningún inconveniente en la instalación, colocando puntos, señas, rayas en el área donde será instalado.

El nivel de confort térmico se medirá realizando una encuesta al azar como se observa en el recuadro del capítulo 4:

c) Procesamiento de datos

Se realizarán las respectivas conclusiones con los datos finales obtenidos y recomendaciones para una mejora de esta investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA CABINA DEL CAMIÓN KOMATSU MODELO 830E

4.1.1 Descripción de la cabina del camión minero Komatsu 830E.

La cabina del camión minero Komatsu 830E, está diseñada de tal manera que el operador no esté expuesto a padecer una enfermedad ocupacional, es decir, debe estar hermética por el lugar de trabajo, con alta luminosidad por el alto grado de puntos ciegos y lamentablemente expuesta al sol ya que el operador necesita visibilidad. En la siguiente imagen se puede observar el camión de acarreo operando en el tajo.



Figura 13. Imagen de la Mina de Cobre en Cuajone

Fuente: página web <http://blog.redbus.pe/destinos/5-destinos-poco-conocidos-en-moquegua>

La cabina del camión minero Komatsu 830E, tiene una carrocería de acero de alrededor de 5 mm de espesor, la cual en su interior esta forrada por fibra. Cabe mencionar también el número de vidrios igual a 5, más dos vidrios de las puertas, contando un total de 7 ventanas. En la siguiente imagen se puede observar la parte exterior de la cabina.



Figura 14. Exterior de la cabina del Volquete Komatsu 830E

Fuente: Pagina web <https://www.watch?v=vTKx6WDcb8g>

La cabina de este camión de acarreo presenta una buena hermetización, lo que nos dio a entender que, al momento de operar este camión, el calor y temperatura del ambiente se elevan.

La cabina muestra en su interior, aparte de la cubierta de fibra, los mandos del operador en su tablero. En la parte posterior del asiento del operador un sistema eléctrico, lo cual nos dio a entender que, si se le va a instalar un equipo de aire acondicionado, este tendría lugar solo en el techo de la cabina, o en la parte posterior derecha si la observamos de frente, ya que se debe realizar una instalación que no modifique la ergonomía del

operador. En la siguiente imagen se puede observar la parte interior de la cabina.

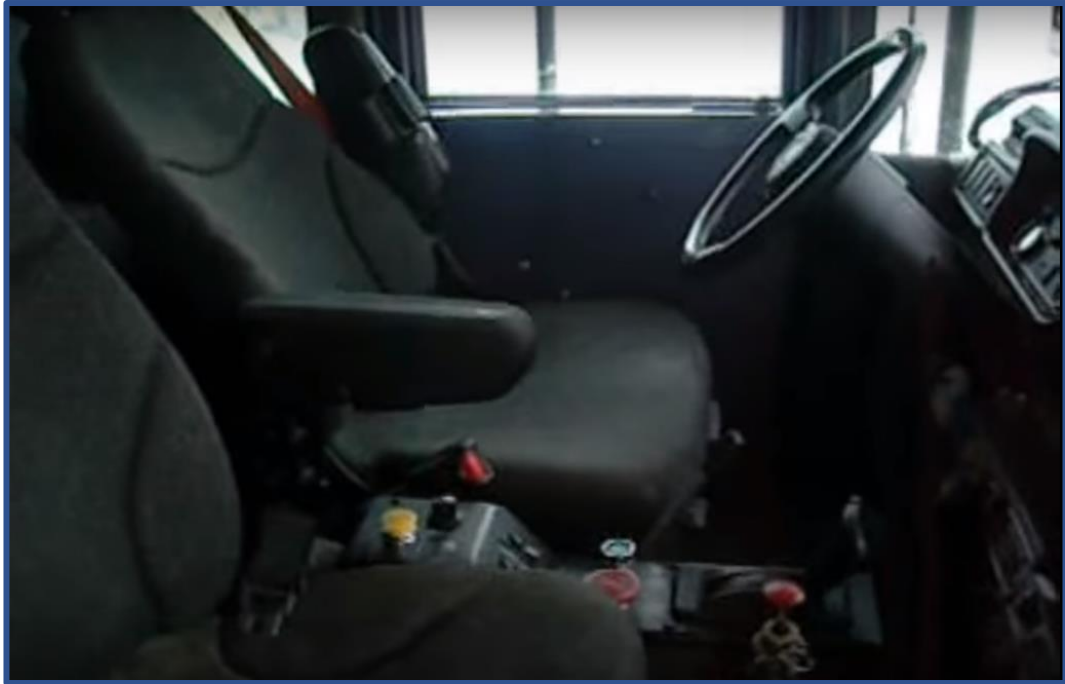


Figura 15. Interior de la cabina del Volquete Komatsu 830E

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Dimensionamiento de la cabina del camión minero Komatsu 830E.

Después de haber descrito la cabina, esta se dimensiono para los cálculos posteriores, representando este dimensionamiento en la siguiente tabla.

Tabla 9

Tabla de dimensionamiento de la cabina

Altura	Ancho	Largo	Espesor de ventanas	N° Equipos	N° personas	Material de la cabina
148 cm	161 cm	203 cm	0,6 cm	1	2	Fibra Acero

Fuente: Elaboración propia.

Los datos mostrados anteriormente son los más importantes a tomar en cuenta para el cálculo.

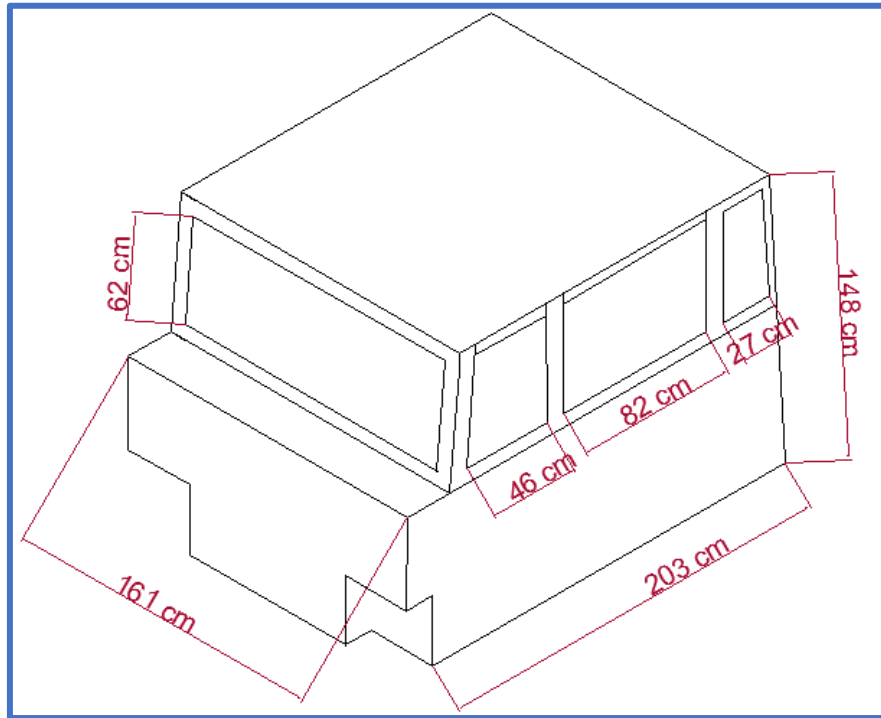


Figura 16. Imagen muestra las dimensiones de la cabina

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Análisis del confort térmico de la cabina.

Se tomo la temperatura exterior e interior de la cabina con la aplicación de un Pirómetro marca Fluke, dándonos los siguientes resultados:

Tabla 10

Resultados de las mediciones de temperatura

Hora	09:00 a.m.	11:00a.m.	13:00p.m.	Promedio
Temperatura exterior	27 °C	29 °C	30 °C	29 °C
Temperatura interior	25 °C	27 °C	28 °C	27 °C

Fuente: Elaboración propia

Temperatura máxima exterior de la cabina igual a 29 °C

Temperatura máxima interior de la cabina igual a 27 °C

Por la cantidad de reportes de emergencia por el tema de aire acondicionado, se dedujo que existe un confort negativo de parte de los operadores. Un ejemplo de un reporte por emergencia se muestra en el Anexo 2.

Se logró encuestar a 2 operadores de estos camiones de acarreo, mostrando los siguientes resultados:

Tabla 11

Resultados de la primera encuesta a los operadores

TRABAJADOR	NIVEL DE SENSACION DE CALOR DEL 1 AL 5				
Operador 1	1	2	3	4	5
Operador 2	1	2	3	4	5

Menor carga sensible ← → mayor carga

Fuente: Elaboración propia

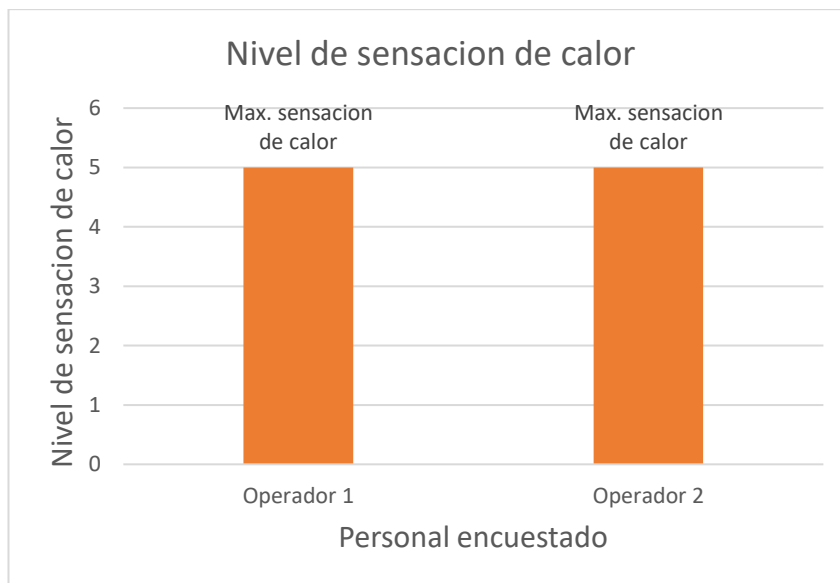


Figura 17. Imagen muestra el nivel de sensación de calor.

Fuente: Elaboración propia

Concluimos que los operadores tienen la sensación de calor excesivo, a causa de no contar con un climatizador en su labor del día a día.

En la siguiente figura se muestra el ambiente al cual los operadores se encuentran expuestos en su labor.



Figura 18. Camión minero en plena operación mina
Fuente: Elaboración propia

La figura anterior describe un ambiente con bastante polvo, motivo por el cual la cabina de estos camiones minero Komatsu 830E necesitan ser herméticos para prevenir enfermedades ocupacionales. El calor interior de la cabina más la hermetización de la misma, la cual no permite ventilación, hace que el calor sensible aumente y el operador se sofoque.

4.1.4 Análisis de estructuras de protección instaladas en la cabina.

Para el análisis de la estructura de la cabina, se estudió los diferentes tipos de protección, como son:

- ROPS (Estructura de protección frente al vuelco)

Conjunto de elementos estructurales cuyo objetivo principal es evitar daños a un operario provisto de cinturón de seguridad durante el vuelco

- FOPS (Estructura de protección frente a la caída de objetos)

Referido a la masa de elementos de estructura puestos de tal manera que dan al trabajador un estándar de protección eficiente frente a la caída de cualquier elemento. (árboles, rocas, etc.)

La cabina del camión minero Komatsu Modelo 830E es de un esquema totalmente en aislamiento que lleva una disposición ROPS integral, que da

al trabajador mayor confortabilidad y seguridad. En su totalidad, los medidores, interruptores y controles, han sido creados para hacer más simple la operación y son de entrada rápida y simple para el trabajador. Analizando el diseño mecánico de la cabina, se concluye que, si es viable realizar un corte en el techo, ya que no altera mucho la resistencia mecánica de la misma.

4.2 DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

4.2.1 Cálculo de la carga térmica para climatizar la cabina.

Se calculó las cargas térmicas minuciosamente, es decir, se definió según su tipo de transferencia de calor y con las condiciones iniciales siguientes:

- Presión atmosférica ideal = 1 atm
- Temperatura interior de la cabina igual a 300 K (27 °C)
- Temperatura exterior de la cabina igual a 302 K (29 °C)
- Humedad relativa en Cuajone igual a 60 %

Carga térmica total (QT) = carga térmica por calor sensible (QS) + carga térmica por calor latente (QL).

Cargas térmicas por calor sensible (QS):

- Carga térmica sensible por radiación solar (Q_{sr}):

$$Q_{sr} = A \times R \times f$$

Donde:

f = es el factor de corrección para vidrios 1.17

R = Radiación solar a través del vidrio

A = Área del vidrio

De la tabla N°9 tomamos el valor más alto $R = 283$; Tomando en cuenta que nos encontramos en la latitud sur y que nuestra temperatura es aproximada a 303 K (30 °C)

Tabla 12

Tabla de factores de radiación

época	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Época
Diciembre	S	103	90	56	44	44	44	44	44	44	44	56	90	103	S	Junio
	SE	329	437	408	305	173	59	44	44	44	44	37	31	15	SE	
	E	339	491	506	449	307	##	44	44	44	44	37	31	15	E	
	NE	131	235	283	283	230	##	53	44	44	44	37	31	15	NE	
	N	15	31	37	44	46	59	66	59	46	44	37	31	15	N	
	NO	15	31	37	44	44	44	53	138	230	283	283	235	131	NO	
	O	15	31	37	44	44	44	44	138	307	449	506	491	339	O	
	SO	15	31	37	44	44	44	44	59	173	305	408	437	329	SO	
	Horizontal	59	191	412	566	682	##	786	754	682	566	412	191	59	Horizontal	
Enero y noviembre	S	68	63	44	41	44	44	44	44	44	41	63	68		S	Mayo y julio
	SE	292	412	386	280	144	50	44	44	44	41	28	12		SE	
	E	313	487	515	456	311	##	44	44	44	29	28	12		E	
	NE	131	258	314	314	261	##	68	44	44	41	28	12		NE	
	N	12	28	37	44	63	85	94	85	63	44	28	12		N	
	NO	12	28	37	41	44	44	44	166	261	314	258	131		NO	
	Horizontal	46	208	386	553	673	##	774	742	673	553	386	208	46	Horizontal	

Fuente: Victorio Santiago Diaz (2005) Acondicionamiento Térmico

Entonces:

$$Q_{sr} = (A_{v1} + A_{v2} + A_{v3} + A_{v4} + A_{v5}) \times R \times f$$

$$Q_{sr} = (0,94 + 0,25 + 0,25 + 0,51 + 0,51) \times 283 \times 1.17$$

$$Q_{sr} = 814,53 \text{ W}$$

- Carga térmica de las superficies de la cabina

$$Q_{sp} = U \times A \times \Delta t$$

Primero se calcula la transmitancia térmica "U"

$$U = \frac{1}{R_t}; \text{ donde } R_t \text{ es la resistencia térmica total.}$$

$$R_t = \frac{e}{K}; \text{ donde } e = \text{espesor}; R_t = \text{Resistencia térmica del acero} +$$

Resistencia térmica de la fibra + Resistencia del aire contenido

Donde:

e = Espesor del material

R_t = Resistencia térmica total

La resistencia total será la suma de la resistencia de la superficie exterior de acero, más la cubierta interior de fibra

$$R_t = R_a + R_f + R_a$$

De la tabla N°10, obtenemos la conductividad térmica de 58 W/(m.°C) para el acero, 0,04 W/(m.°C) para la fibra y 0,024 para el aire.

El espesor del acero es de 5mm, de la fibra es de 5mm y del aire interior de la superficie igual a 40 mm

Tabla 13

Coefficientes de conductividad térmica k

Material	K [W/(m.°C)]
Aluminio	210
Acero	58
Hormigon	1,60
Vidrio	1,20
Ladrillo	0,50
Yeso	0,25
Maderas	0,11
Espumas, Fibras	0,04
Aire quieto	0,024

Fuente : <https://pt.slideshare.net/franarq82/coeficientes-conductividad/2?sm>

Entonces:

$$R_{\text{cero}} = \frac{0,005}{58} = 0,0000862$$

$$R_{\text{fibra}} = \frac{0,005}{0,04} = 0,125$$

$$R_{\text{aire}} = \frac{0,04}{0,024} = 1,67$$

$$R_t = 0,0000862 + 0,125 + 1,67 = 1,792$$

$$U = \frac{1}{1,792} = 0,558$$

$$Q_{\text{sp}} = 0,558 \times A \times \Delta t$$

$$Q_{\text{sp}} = 0,558 \times (1,8 + 1,88 + 5,24) \times 2$$

$$Q_{\text{sp}} = 9,95 \text{ W}$$

- Carga sensible por infiltración de aire (Q_{sa}):

$$Q_{\text{sa}} = \dot{V} \times \rho \times C_{\text{e.aire}} \times \Delta t$$

Donde:

\dot{V} = Caudal de aire exterior que se introduce en el local

Δt = diferencia de temperaturas

ρ = Densidad del aire 1.18 kg/m^3

$C_{\text{e.aire}}$ = Calor específico del aire de valor $1012 \text{ J/(kg.}^\circ\text{C)}$

Primero se calculó el caudal del aire

$$\dot{V} = V \times n$$

$$\dot{V} = 4,345m^3 \times 1\text{ren/h} = 4,345m^3/\text{h}$$

Ahora la carga será:

$$Q_{sa} = \dot{V} \times \rho \times C_{e.\text{aire}} \times \Delta t$$

$$Q_{sa} = 4,345m^3/\text{h} \times 1.18 \text{ kg}/m^3 \times 1012 \text{ J}/(\text{kg}.\text{°C}) \times (29 - 27)$$

$$Q_{sa} = 0.00123m^3/\text{s} \times 1.18 \text{ kg}/m^3 \times 1012 \text{ J}/(\text{kg}.\text{°C}) \times (29 - 27)$$

$$Q_{sa} = 2.94 \text{ W}$$

- Carga por ocupación del local (Q_{so})

$$Q_{so} = C_a \times N^\circ$$

Donde:

C_a = Calor sensible por persona

N° = Número de personas

Tabla 14*Calor sensible por persona según actividad*

Actividad realizada	28 °C		27 °C		26 °C		24 °C	
	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentado en reposo escuela	45	45	50	40	55	35	60	30
Sentado trabajo ligero	45	55	50	50	55	45	60	40
Oficina de actividad ligera	45	70	50	65	55	60	60	50
Persona de pie Tienda	45	70	50	75	55	70	65	60
Persona que pasea Banco	45	80	50	75	55	70	65	60
Trabajo sedentario	50	90	55	85	60	80	70	70
Trabajo ligero Taller	50	140	55	135	60	130	75	115
Persona que camina	55	160	60	155	70	145	85	130
Persona que baila	70	185	75	175	85	170	95	155
Persona en trabajo penoso	115	250	120	250	125	245	130	230

Fuente : página web <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/>

De la tabla N°11 tomamos el valor de 50 a 27 °C calor sensible.

$$Q_{so} = 50 \times 2$$

$$Q_{so} = 100 \text{ W}$$

Cargas térmicas por calor latente:

- Carga del calor latente por ocupación (Q_{lo})

$$Q_{lo} = N^{\circ} \times CI$$

Donde:

CI = Calor latente por persona

N° = Número de personas

Tabla 15*Calor latente por persona según actividad*

Actividad realizada	28 °C		27 °C		26 °C		24 °C	
	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentado en reposo escuela	45	45	50	40	55	35	60	30
Sentado trabajo ligero	45	55	50	50	55	45	60	40
Oficina de actividad ligera	45	70	50	65	55	60	60	50
Persona de pie Tienda	45	70	50	75	55	70	65	60
Persona que pasea Banco	45	80	50	75	55	70	65	60
Trabajo sedentario	50	90	55	85	60	80	70	70
Trabajo ligero Taller	50	140	55	135	60	130	75	115
Persona que camina	55	160	60	155	70	145	85	130
Persona que baila	70	185	75	175	85	170	95	155
Persona en trabajo penoso	115	250	120	250	125	245	130	230

Fuente: página web <https://ingemecanica.com/tutorialsema>

De la tabla N°12 tomamos el valor de 50 a 28 °C calor latente.

$$Q_{lo} = 2 \times 50$$

$$Q_{lo} = 100 \text{ W}$$

- Carga del calor latente por infiltración de aire (Q_{li})

$$Q_{li} = V \times 0.63 \times \Delta H$$

Donde:

V = Volumen interior de la cabina

0.63 = producto de la densidad estándar del aire (1.2 kg/m^3)

Por el calor latente de vaporización del agua (0.52 W/g)

ΔH = diferencia de humedad absoluta interior y exterior

$$Q_{li} = 4,345 \times 0,63 \times \Delta H$$

Hallamos ΔH que es la diferencia de humedad absoluta externa, menos la humedad absoluta interna.

Humedad absoluta del interior

Datos: humedad relativa 60%, volumen de aire de la cabina 4,345 y

$$T = 27 \text{ °C}$$

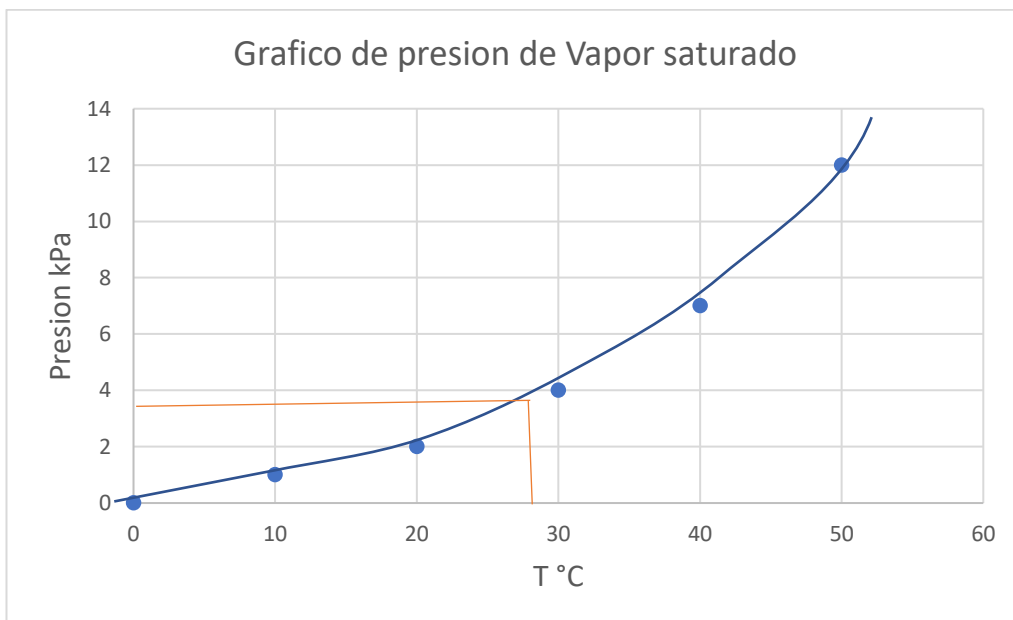


Figura 19. Gráfico de presión de Vapor saturado

Fuente: Pagina web <https://docplayer.es/16211780-1-humedad-relativa.html>

Presión de vapor saturado ($P_{\text{vap sat}}$) = 3,7 kPa

$$HR = \frac{P_{\text{vap}}}{P_{\text{vap sat}}}$$

$$P_{\text{vap}} = HR \times P_{\text{vap sat}}$$

$$P_{\text{vap}} = 0,60 \times 3,7 = 2,22 \text{ kPa}$$

Ahora hallaremos la masa de vapor en la cabina

$$P_{\text{vap}} \times V = m_{\text{vap}} \times R \times T$$

$$2,22 \times 4,24 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ L / m}^3 = m_{\text{vap}} \times 0,07 \text{ L} \times \text{atm / (mol.K)}$$

$$\times 101,3 \text{ KPa} \times (273 + 27) \text{ K}$$

$$M_{\text{vap}} = 4,794 \text{ mol}$$

Como la masa molecular del agua es H_2O $2 \times 1 + 16 \times 1 = 18$

$$M_{\text{vap}} = 86,3 \text{ g}$$

$$HI = \frac{m_{\text{vap}}}{V_{\text{aire}}}$$

$$HI = \frac{86,3}{4,23} = 20,4 \text{ humedad absoluta del interior}$$

Ahora hallaremos la Humedad absoluta exterior (HE), donde la presión es igual a 1 atm, igual a 1013,25 hPa. Como no tenemos el volumen ya que es exterior se halla de diferente manera y con gráficos psicrométricos.

$$HE = 216 \times \frac{P_v}{T}$$

Donde:

P_v = Presión de vapor

T = Temperatura exterior

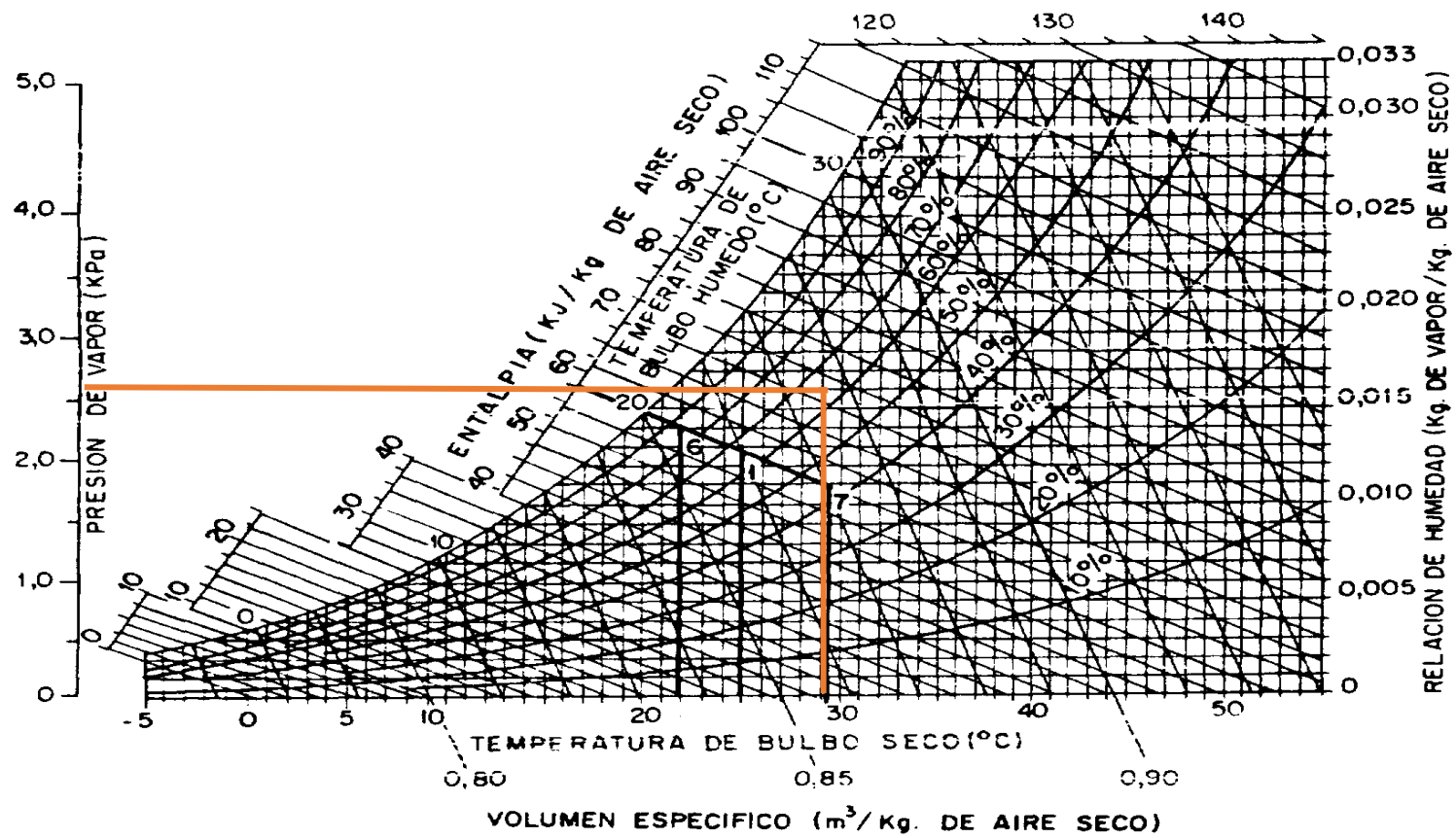


Figura 20. Gráfico psicrométrico de la humedad

Fuente: Pagina web <http://www.fao.org/3/x5027s/x5027SAN.GI>

$$HE = 216 \times \frac{2,6 \text{ kPa}}{302 \text{ K}}$$

$$HE = 216 \times \frac{26 \text{ hPa}}{302 \text{ K}}$$

HE = 18,6 humedad absoluta exterior

Entonces

$$Q_{li} = 4,345 \times 0,63 \times \Delta H$$

$$Q_{li} = 4,345 \times 0,63 \times (20,4 - 18,6)$$

$$Q_{li} = 4.93 \text{ W}$$

Finalmente sumando las cargas:

Carga térmica total (QT) = carga térmica por calor sensible (QS) + carga térmica por calor latente (QL)

$$QT = QS + QL$$

$$QT = Q_{sr} + Q_{sp} + Q_{sa} + Q_{so} + Q_{lo} + Q_{li}$$

$$QT = 814,53 + 9,95 + 100 + 100 + 6,26$$

QT = 1030,74 W ; a esta carga le sumamos el 10% por cargas no consideradas.

$$QT = 1030,74 + 103,074 = 1133,81 \text{ W}$$

$$QT = 3865,96 \text{ BTU/h}$$

4.2.2 Diagrama psicrométrico.

Según diversos estudios, como el publicado en el *Enviro Mental Healt Perspectives*, los valores de la humedad relativa recomendables para interiores deben encontrarse entre el 40% y 60%. Si los valores sobrepasan el rango recomendado, entonces se vera la presencia de hongos, moho y trastornos alérgicos. Si los valores se encuentran debajo del rango recomendado, entonces aparecerán bacterias, virus y afecciones respiratorias.

Para observar a detalle la humedad relativa en relación a otros parámetros, usaremos el diagrama psicrométrico de la figura 22. Los datos que se ingresarán serán los reales mostrados en este estudio, como son: Humedad Relativa del 60% y Temperatura interior más crítica de la cabina 29°C.

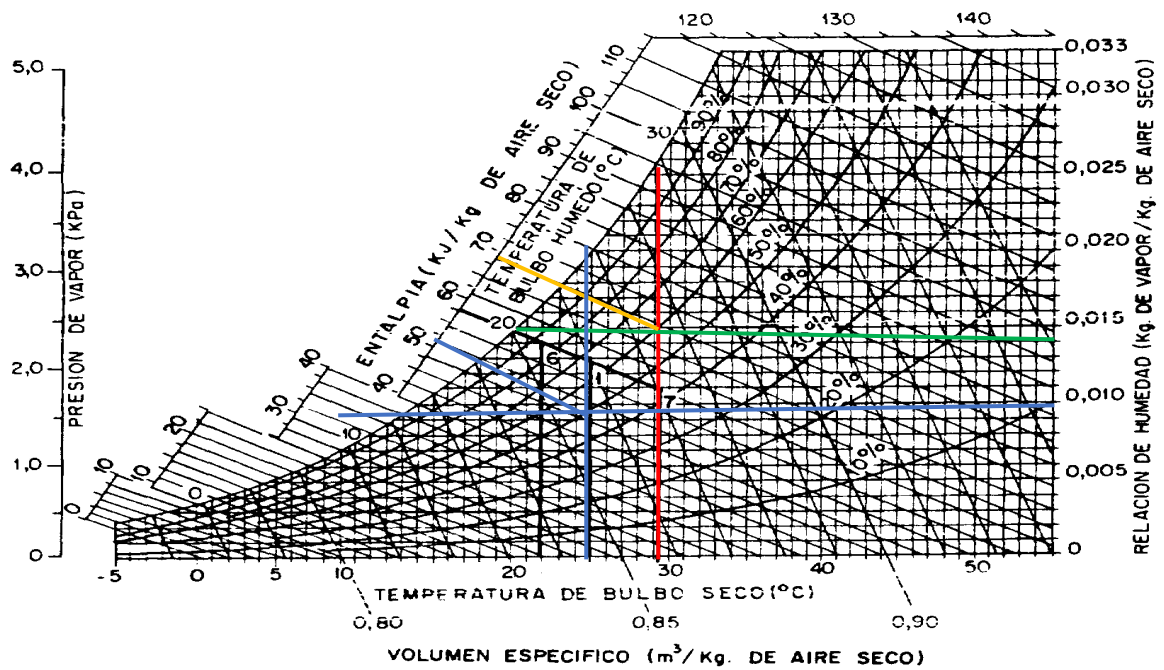


Figura 21. Explicación de gráfico psicrométrico de la humedad

Fuente: Pagina web <http://www.fao.org/3/x5027s/x5027SAN.GI>

Los datos necesarios para estudiar el confort, son los siguientes:

Temperatura bulbo seco, representado por Tbs.

Temperatura bulbo húmedo, representado por Tbh.

Humedad relativa, representado por HR.

Humedad específica, representado por H.

Entalpia, representado por h.

Entonces, utilizando los datos reales antes mencionados, dibujaremos una línea y trazaremos líneas correspondientes para hallar los datos mencionados.

La línea vertical roja se traza con el dato de 29°C, la cual es interceptada por la curva de la humedad relativa al 60%. Desde este punto Empezamos a graficar la línea verde, para la humedad específica y la línea amarilla para la entalpia y bulbo húmedo. Entonces los datos son los siguientes:

$$T_{bs} = 29 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{bh} = 23 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{HR} = 60 \%$$

$$H = 0,14 \text{ kg/kg}$$

$$h = 70 \text{ kJ/kg}$$

Las líneas azules muestran un gráfico con datos ideales para obtener una zona de confort térmico, Cuyos datos, en un ambiente específico, se consiguen utilizando un climatizador.

El sistema de aire acondicionado o climatizador de cabina, baja la temperatura del ambiente, introduciendo aire seco frío a la cabina y absorbiendo aire caliente por medio de la recirculación de aire. Es decir, los climatizadores disminuyen el porcentaje de humedad relativa.

La humedad relativa ideal para el operador oscila entre el 40% y 60%, si la humedad baja, la piel empezara a researse. Si la humedad relativa aumenta, se formarán pequeñas gotas de agua sobre la piel.

4.2.3 Selección del sistema de aire acondicionado.

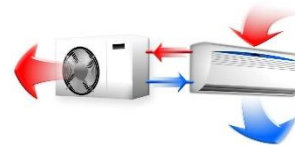
Para la selección del sistema de aire acondicionado, se compararán los distintos sistemas de aire acondicionado más comunes según su capacidad de carga térmica, precio, costes de instalación en cuanto a tiempo y dimensiones. Tal como se muestra en la tabla N°17.

Tabla 16

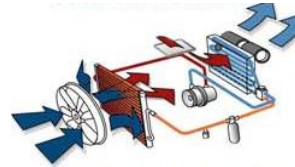
Sistemas de aire acondicionado a comparar

Sistemas de Aire Acondicionado

Sistema eléctrico de condensador y evaporador



Sistema mecánico de compresor actuado por faja



Sistema eléctrico de componentes compacto en kit



Fuente: Elaboración propia

Tabla 17*Comparación de los sistemas de Aire acondicionado*

Sistemas de Aire Acondicionado	Características de instalación	Dimensiones	Costo del equipo	Capacidad en BTU
Sistema eléctrico de condensador y evaporador	En este sistema de aire acondicionado el evaporador va adosado a la pared, en este caso de la cabina. Existen otros modelos en los cuales esta adosado al techo, pero son de una capacidad mayor.	Las dimensiones del evaporador son a partir de: largo 74 cm, ancho 25 cm, profundidad 21 cm	El costo de este equipo en cualquier tipo de marca varía desde S/.4800 a mas según la capacidad en BTU	La capacidad de este sistema es a partir de 9 000 BTU
Sistema mecánico de compresor actuado por faja	En este sistema de aire acondicionado el evaporador suele estar bajo el tablero, para que blower pueda expulsar el aire frio a través de las ventilas. La ubicación exacta seria al costado del evaporador o intercambiador de calor del sistema de calefacción.	Las dimensiones del evaporador más el blower de este sistema son de: largo 55 cm, ancho 50 cm, profundidad 60cm	El costo de este equipo se cotiza por componentes como son: Compresor \$659 Condensador \$ 724 Evaporador \$ 550 Blower \$ 252 Mangueras \$ 195 otros \$ 200 Total \$ 2580 igual a S/9030 a mas	La capacidad es a partir de 10 000 BTU, depende de la potencia del compresor mecánico
Sistema eléctrico de componentes compacto en kit	La ubicación de este sistema compacto de aire acondicionado es más que todo el techo de la cabina. Con el lado del condensador fuera de la cabina y el blower direccionado hacia la cabina.	Las dimensiones de este sistema son: Largo 110 cm, ancho 77,4 cm, profundidad 21,5 cm	El costo de este equipo en cualquier tipo de marca varía desde \$.2200 a mas según la capacidad en BTU	La capacidad de este sistema es a partir de 12 000 BTU

Fuente: Elaboración propia

Después de comparar las características de los posibles sistemas a instalar se seleccionó un sistema compacto de aire acondicionado el cual funciona con energía eléctrica a 24 volt.

Se selecciono este equipo por ser es el más económico, encontramos el modelo de la capacidad necesaria para enfriar la cabina, sus dimensiones son adaptables y es perfecto para la cabina ya que como se mencionó en el punto número 4.1.1, el lugar más apropiado para instalar un equipo sería en el techo de la cabina.

El equipo seleccionado modelo Compact Cooler 4E muestra las siguientes características:

- Sistema completamente autónomo, precargado con refrigerante (no es necesario la instalación de circuito de refrigerante)
- Compresor accionado por un motor eléctrico de 24 volt
- El caudal de aire máximo es de $550 \text{ m}^3/\text{h}$.

Las características de este equipo se muestran en el anexo 3

4.2.4 Análisis ergonómico del operador en la preinstalación.

El camión minero Komatsu modelo 8830E. Presenta en el interior de la cabina, aparte de las características mencionadas en el punto 4.1.1, un asiento marca Recor el cual proporciona una higiene postural que termina como resultado fundamental para evitar incomodidades indeseadas y lesiones imprevistas a causa de la posición errónea repetitiva en acciones cotidianas. En la figura 15, se puede observar el asiento del camión minero Komatsu modelo 830E.

Para analizar cómo se mostraría la posición del conductor dentro de la cabina y laborando. Se muestra la siguiente imagen.



Figura 22. Imagen de la posición más adecuada para conducir.

Fuente: página web <https://www.riesgolab.com/index.php/component/k2/item/952-ergonomia-para-conductores>

Para favorecer la posición de las piernas los asientos deben estar posicionados aproximadamente a unos 30 cm del piso del auto. Asimismo debe tener una posición inclinada entre 15 y 25° de tal forma el muslo y la cadera tengan un ángulo de 110 a 120°. Para que las piernas queden flexionadas formando un arco de 135° debe haber una distancia al volante efectiva. Los brazos tienen que estar cómodos al volante no muy contraídos ni estirados y dejar que los hombros se acomoden sobre el espaldar.

Para que la cabeza descansa el reposacabezas debe estar posicionado en un punto central a la altura de las orejas de esta forma la cabeza, en su punto central, se apoyará sobre esta.

Un cinturón mal usado puede provocar que la piel se lastime, para ello se colocará la correa superior entre el pecho y la clavícula esta no debe pasar por el cuello y mucho menos por debajo de este.

El trasero tiene que estar apoyado de manera total sobre el respaldo del asiento de la misma forma que la espalda y así se evitará la tensión sobre la musculatura en esta zona que provoca contracturas y dolores musculares.

De la misma forma relajarnos mientras conducimos un auto es tarea difícil sin embargo debemos procurar optar por una postura adecuada para así reducir el riesgo de malestares o daños por una mala posición que se reduce con los consejos dados.

El climatizador de aire frío por el sistema de aire acondicionado, enviará el flujo de aire desde la parte superior a través de una rejilla con filtro, el cual distribuye el flujo de aire en toda la cabina, mejorando el confort térmico y no causando molestias al conductor. El flujo caliente por parte de la calefacción, es distribuida a través de ventilas ubicadas en el tablero.

4.3 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

Una vez calculada la carga térmica requerida y luego seleccionado el equipo de aire acondicionado, se procedió a instalar en la cabina realizándose las siguientes acciones:

- a) Se adquirió el equipo de almacén de la empresa Selin srl. Este equipo estuvo guardado para fines de instalación a futuro en algún equipo auxiliar que lo requiera.
- b) Se reviso el equipo compacto, se verifico el estado de todos sus componentes y puntos de unión de cables que no estuvieran sulfatados. Se reviso la correa, el evaporador, el condensador y el compresor.

c) Se procedió a instalar el equipo en el techo de la cabina. La instalación fue realizada por el personal de SPCC, la parte mecánica y eléctrica. Se realizaron las siguientes tareas:

- Se traslado el equipo al techo de la cabina
- Se presentó el equipo
- Se dimensionó la ubicación del equipo compacto en el techo de la cabina.
- El personal de SPCC, realizo el respetivo corte en el techo de la cabina del camión minero, para el ingreso del flujo de aire del Blower de nuestro equipo compacto a instalar y la salida de aire de la cabina.
- Finalmente se instaló el equipo compacto en la parte superior de la cabina, alimentado directamente de la batería del camión minero Komatsu modelo 830E.

En las siguientes imágenes se muestra como quedo el equipo instalado por dentro y fuera de la cabina.



Figura 23. Imagen interior de la cabina del camión minero

Fuente: Elaboración propia



Figura 24. Imagen exterior de la cabina del camión minero

Fuente: Elaboración propia

4.4 PRUEBAS DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

Se probó el sistema de aire acondicionado compacto, instalando los manómetros en el circuito del refrigerante del equipo, observando una baja presión manométrica.

Se cargo gas refrigerante al sistema de aire acondicionado compacto. El refrigerante cargado fue el R134, es decir un refrigerante sintético y que no daña tanto al medio ambiente como lo es el R22. Se cargo con este refrigerante porque así manda el manual, el cual se muestra en el Anexo 3.

Después de obtener la presión ideal del gas, el cual debe estar alrededor de 55 psi +/- 10 psi en el circuito de baja cuando el equipo esta apagado y 15 psi +/- 5 psi en el circuito de baja cuando el equipo este encendido. Se procedió a observar el flujo de aire que expulsaba nuestro sistema de aire acondicionado compacto.

Observándose una buena operatividad de nuestro sistema de aire acondicionado compacto, el equipo se entregó.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos, mediante una encuesta verbal después de la instalación, fueron satisfactorios. Para los técnicos que instalaron el equipo, para los supervisores y encargados del área y para los operadores de este equipo. Los resultados de dicha encuesta verbal se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 18

Encuesta post instalación

Colaborador	Nivel de satisfacción con el sistema de aire acondicionado compacto				
supervisores	1	2	3	4	5
Técnicos	1	2	3	4	5
Operador	1	2	3	4	5

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta una tabla mostrando el nivel de satisfacción del antes y después de la climatización. De los técnicos, supervisores, operadores que laboran en el interior de la cabina.

Tabla 19

Nivel de satisfacción de los trabajadores involucrados

Cargo	Nivel de satisfacción (1 - 5)	
	Antes de la instalación	Después de la instalación
Supervisor de operaciones	3	5
Técnicos	3	5
Operador 1	1	5
Operador 2	1	5

Fuente: Elaboración propia

La tabla refleja claramente la mejora del confort térmico con la instalación del sistema de aire acondicionado compacto, sobre todo para los operadores, los cuales son los que se encuentran dentro de la cabina durante sus 48 horas semanales de labor.

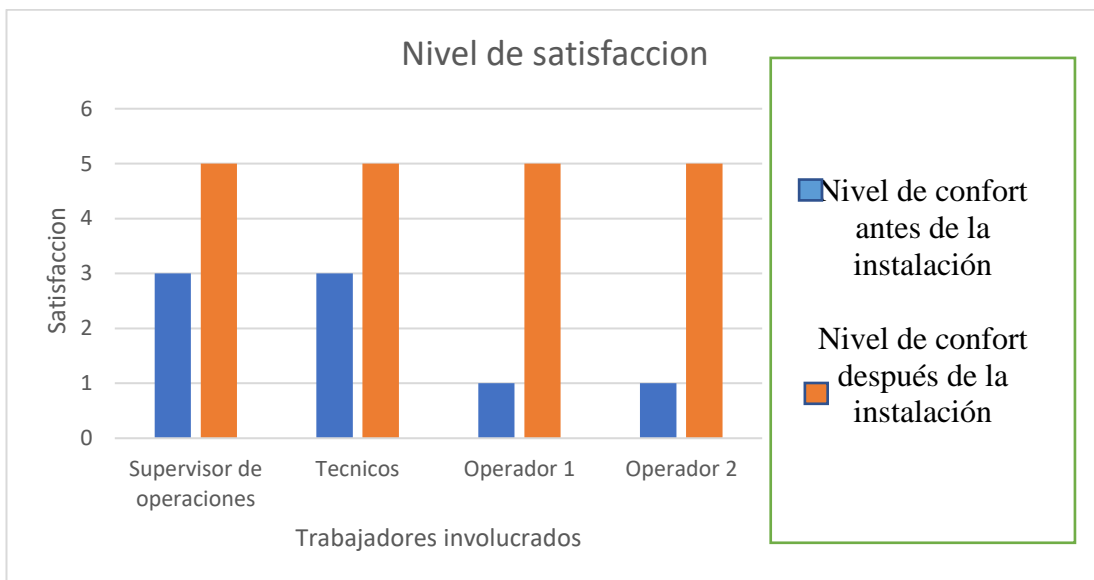


Figura 25. Gráfico de nivel de satisfacción

Fuente: Elaboración propia

Costos totales de instalación.

Tabla 20

Costos del servicio de instalación

ITEM	COSTOS DIRECTOS	COSTOS INDIRECTOS
EQUIPO DE A/C	13300	
MANO DE OBRA	0	
SUBCONTRATACION	320	
MATERIALES	100	
GASTOS AUXILIARES	50	
MANO DE OBRA INDIRECTA		0
MAQUINARIA Y HERRMANIENTAS		400
SERVICIO DE INSTALACION		0
CONTROL DE CALIDAD		0
COSTO DE INVESTIGACION		0
ADMINISTRACION		100
EQUIPOS INFORMATICOS		0
TOTAL	13770	500
T OTAL DE COSTOS		14270

Fuente: Elaboración propia

5.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En comparación con la investigación que realizaron Carvajal Aumala Victor Hugo y Cando Macas William, 2011, donde nos muestra el montaje de un climatizador en la cabina de un vehículo automotriz.

Encontramos que instalar un equipo de aire acondicionado compacto es más eficaz, ya que los componentes de este equipo se encuentran sincronizados entre si para un mayor rendimiento. Comparando las presiones en esa investigación. Las presiones suben y bajan demasiada cantidad en psi; lo contrario con la presión del sistema de aire acondicionado compacto de esta investigación, la cual se mantiene casi constante a 75 psi.

Así como también la diferencia de costos es alta, ya que en esta instalación se gastó \$ 1461, tal como se muestra en la siguiente figura obtenida de su proyecto.

Tabla 21

Costos generales del proyecto mencionado

Gastos generales del Proyecto	
Total, Repuesto	\$ 1111
Detalle de mano de obra	\$ 350
Total, General	\$ 1461

Fuente: Carvajal Aumala Victor Hugo y Cando Macas William, 2011.

En este proyecto de instalación se gastó solo la compra del equipo el cual fue \$ 800, ya que la mano de obra calificada fue parte de la rutina de mantenimiento.

La desventaja de la instalación de este sistema de aire acondicionado compacto sería, que no es tan estético como instalar un sistema de aire acondicionado automotriz. Ya que los vehículos modernos están diseñados para utilizar un sistema de aire acondicionado automotriz y no es necesario cortar y perforar el techo o manipular algún componente de la cabina.

En comparación con la investigación que realizó Elmer Caruajulca Rimarachin, 2019, Diseño de un sistema de aire acondicionado utilizando celdas Peltier para climatizar cabina de camión Hino 2626 en Ingesa Norte.

Encontramos que la cantidad de carga térmica que se requiere bombear en su investigación, en el camión Hino, es de 3018.46 W. Y la cantidad de calor que se requiere eliminar en este proyecto de investigación es de 3800 W.

5.3 CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS

Este proyecto de investigación, se puede contrastar desde dos puntos de vista, puntos los cuales son variables controladas.

- Condiciones de ambientales. Hoy en día todos los refrigerantes utilizados en sistemas de aire acondicionado, como característica principal, no tienen que dañar la capa de ozono. Motivo por el cual, en este proyecto de investigación, así como también en otros, se selecciona equipos que trabajen con refrigerantes que no contengan cloro.

En la investigación de Edgar Napoleón Huanca Esquíá, 2016. Se puede observar la selección de un climatizador tipo ducto, el cual contiene refrigerantes sin cloro en sus líneas de alta y baja. Cabe mencionar también que en esta investigación denominada Instalación de un Sistema de aire acondicionado a un camión minero Komatsu Modelo 830E, a fin de mejorar el confort. Se seleccionó un sistema compacto que usa refrigerante R134a que no contiene cloro.

- Selección del equipo. La instalación de equipos de aire acondicionado tiene la finalidad de mejorar el confort térmico, por este motivo se evalúa el espacio a climatizar, las personas que ocupan el espacio, las condiciones en las cuales se encuentran, etc. Para poder finalmente mejorar el confort térmico con un equipo adecuado.

En la investigación de Edgar Napoleon Huanca Esquia, 2016. Menciona el cálculo de cargas térmicas para seleccionar un equipo adecuado, de los cuales sus resultados fueron 334 564 BTU/h.

En comparación con esta investigación denominada Instalación de un Sistema de aire acondicionado a un camión minero Komatsu Modelo 830E, a fin de mejorar el confort. Los resultados obtenidos fueron 3866 BTU/h

CONCLUSIONES

1. Según los resultados encontrados, se seleccionó un sistema de aire acondicionado compacto, el cual fue el más conveniente en cuanto a los siguientes factores:

- Tiempo, el estudio de la cabina y la instalación del equipo se pudo realizar en 1 mes aproximadamente, ya que el equipo es de fácil instalar y el cálculo para seleccionar el equipo adecuado es sencillo.

- Precio, los costos directos e indirectos fueron bajos en comparación con otros proyectos. Como se pudo observar en los resultados los costos fueron de S/.14270.

- Mano de obra, se aprovecharon las fechas de Mantenimiento preventivo programados del equipo, tiempos en los cuales se hizo el estudio de la cabina e instalo el equipo

- Capacidad de carga térmica, la carga térmica que se obtuvo al final de la investigación es de 1125 w, para lo cual se instaló un equipo adecuado para el valor hallado.

Se instalo y se probó el sistema de aire acondicionado compacto obteniendo resultados positivos, logrando así mejorar el confort térmico de la cabina del volquete Komatsu modelo 830E.

2. En nivel de satisfacción, al laborar dentro de la cabina del camión minero Komatsu 830E, mejoro notablemente ya que todos los involucrados están satisfechos a un 100 %.

3. Se puede instalar este sistema de aire acondicionado compacto a aquellos equipos mineros que no cuenten con aire acondicionado, para mejorar su confort térmico, como se logró en este camión minero.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda usar el sistema de aire acondicionado compacto con las ventanas y puertas cerradas, para un buen funcionamiento del sistema y evitar un posible escarche en el equipo compacto.
2. Se recomienda añadir un relé de contacto en el circuito, para que el sistema de aire acondicionado compacto solo funcione cuando esté encendido el motor del camión minero Komatsu 830E, y así no preocuparse por una posible descarga de la batería.
3. Se recomienda usar tornillos de mayor tamaño ya que los tornillos usados DIN 7985 M6x40 en la sujeción posiblemente no soportaran la vibración del equipo compacto.
4. Se recomienda también contar con repuestos de alta rotación como son: Filtro secador, correa de transmisión, dos ventiladores para el condensador, relés de 24 volt, fusibles de 15 A originales, filtro interior de recirculación, aceite refrigerante ZXL PAG 100 o cualquiera que indique el manual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ángel Ortega (2019), *Aire acondicionado Split, Como funciona, Sus partes, Ciclo de refrigeración del aire acondicionado*. Recuperado de: <http://ingeneriapotencial.blogspot.com/2019/02/aire-acondicionado-split-como-funciona.html>

Bruno (2019), *Calculo de cargas terminas*. Recuperado de <https://www.ingenierosindustriales.com/calculo-de-cargas-termicas-de-climatizacion/>

Carvajal Aumala Victor Hugo y Cando Macas William, 2011, *Construcción de un sistema de aire acondicionado automotriz agregándole un habitáculo*. (Tesis de Pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador

Canales F, De Alvarado E, Pineda E, (1986) *Metodología de la Investigación* 1ra Ed. México, De LIMUSA.

Consultoría de la formación (2019), *Transmisión de calor sensible y latente*. Recuperado de: <http://campusenergia.com/blog/item/309-transmisión-de-calor-calor-sensible-y-latente>

Edgar Napoleón Huanca Esquíá, (2016), *Diseño de un sistema de aire acondicionado para un restaurante ubicado en la ciudad de Lima*.

Hernández Sampieri, Roberto; Fernández- Collado, Carlos; Baptista Lucio, Pilar; (2008) *Metodología de la Investigación*, 4ta Ed. México Mc Graw Hill, Interamericana.

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M.P. (2010). *Metodología de la Investigación* (5ª Ed.). México: McGraw Hill Educación

James R. Welty (2005). *Transferencias de Calor Aplicada a la Ingeniería*, Editorial Limusa, , primera edición.

Julián Pérez Porto y Ana Gardey. Publicado, (2010). Actualizado: (2013).
Definiciones: Definición de confort. Recuperado de <https://definicion.de/confort/>

Leopoldo Rosario (2017), *Funcionamiento de los componentes de los sistemas de aire acondicionado.* Recuperado de: [http://leopoldorosarioaaa .blogspot.com/2017/07/funcionamiento-de-los-componentes-del.html](http://leopoldorosarioaaa.blogspot.com/2017/07/funcionamiento-de-los-componentes-del.html)

Martin Javier Kutsuma Ogata, (2011), *Diseño de un sistema de climatización en un aula.* (Tesis de pregrado) Pontificia Universidad Católica del Perú

R.M. Helsdon, (1968). *Termodinámica Aplicada*, Editorial Ediciones URMO, primera edición

Revista Energiminas, (2020), Título del artículo. *Primer camión Autónomo en Perú y rueda en Quellaveco*, Recuperado de:

<https://energiminas.com/este-es-el-primer-camion-minero-autonomo-en-el-peru-y-rueda-en-quellaveco/>

Revista Energiminas, (2019), Título del artículo. *Chile lleva once años de ventaja usando camiones mineros autónomos*. Recuperado de: <https://energiminas.com/chile-lleva-once-anos-de-ventaja-usando-camiones-mineros-autonomos/>

Riesgolab S.R.L. (2015), *Ergonomía para conductores*, Recuperado de: <https://www.riesgolab.com/index.php/component/k2/item/952-ergonomia-para-conductores>.

Tricomi, (1992) *Abc del aire acondicionado*, Ernest-editorial: Marcombo, s.a. - edición: 1ª

Webasto (2019), *Catalogo de Equipos compactos*. Recuperado de: <https://www.webasto-comfort.com/es-es/soluciones-refrigeracion/vehiculos-especiales/>

ANEXOS

Anexo 1: Foto de un Camión minero Komatsu modelo 830E.



Anexo 2: Informe de reporte de emergencia por aire acondicionado



CHECK LIST DE MANTENIMIENTO DE EQUIPO MINERO
AIRE ACONDICIONADO Y LIMPIEZA DE CABINA



CONEXA:	SELIN S.R.L.	FECHA:	18-04-18
SERVICIO:	Mantenimiento de Cabinas de Equipo Minero - Mina Cuajone	Nº:	
EQUIPO Nº:	VAC-89 Emergencia	MARCA:	Remativ
MODELO:	8300	HOROMETRO:	

MANTENIMIENTO DE AC	ESTADO INICIAL			ESTADO FINAL			OBSERVACIONES
	B	M	NA	B	M	NA	
Equipo autónomo							- Equipo reportado por avería forzada.
Compresor							
Fajas, poleas							
Mangueras Alta y Baja							
Acumulador							
Filtro secador							
Panel Condensador							
Panel Calefactor							
Panel Evaporador							
Uaves calefacción							
Termostato							
Panel de Control - Cabina							

PRESIONES		CONCLUSIÓN	
Presión A/C alta (OFF)	PSI	- Se instaló un ventilador auxiliar en la cabina con su respectivo fusible. - El equipo no cuenta con A/C.	
Presión A/C baja (OFF)	PSI		
Presión A/C alta (ON)	PSI		
Presión A/C baja (ON)	PSI		
CONSUMOS ELÉCTRICOS			
Compresor	A		
Ventilador / Blower	A		

MANTENIMIENTO DE CABINA	ESTADO INICIAL			ESTADO FINAL			CONCLUSIÓN:
	B	M	NA	B	M	NA	
Hermetización de Cabina							
Sellado de puerta (s)							
Tapizado de Piso, Lateral y Posterior							
Ventanas Lateral, Posterior y Frontal							
Plumillas							
Espejo derecho, izquierdo y otros							
Cinturones de Seguridad							
Asiento de operador							
Asiento de copiloto							
Cortinas							

CONCLUSIÓN:			
CALEFACCIÓN:		Observación:	
AIRE ACONDICIONADO:		Observación:	
VENTILACIÓN:	operativa	Observación:	
LIMPIEZA DE CABINA:		Observación:	

REQUERIMIENTO DE MATERIAL Y ACCESORIOS			
ITEM	COMPONENTE	CANT.	NUMBER PART
1	FAN GP	1	5D-2856
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			





Responsable de SELIN S.R.L. Responsable de SPCC

B: Bueno M: Malo N.A.: No aplica

PERSONAL: *F. J. J. A.*

Anexo 3: Manual de sistemas de Aire acondicionado compact cooler:

Especificaciones Técnicas de Equipos de Aire Acondicionado Compact Cooler

	Compact Cooler 4 E (eléctrico)	Compact Cooler 5 Lite	Compact Cooler 5	Compact Cooler 8
Numero arprobación EG	e1*72/245*2009/19*1443*__		e1*72/245*2009/19*1443*__	
Potencia calorífica (kW)	3.5	5.0		8.5
Potencia calorífica(kW) Q80 (Compact Cooler 8 con opción calefacción)	-	-	-	7.5
Refrigerante	R134 CFC-free (pre-llenado)		R134 CFC-free	
Voltaje (V)	24	12/24		
Consumo eléctrico (A)	68	13	30	
Temperatura máxima de funcionamiento (°C)	+45			
Caudal de aire máximo (m³/h)	550 (con rejilla distribución aire)	400 (con rejilla distribución aire)	630 (con rejilla distribución aire)	1,300 (caudal libre)
Dimensiones L x An x Al (mm)	1,110 x 774 x 215	500 x 760 x 165	750 x 760 x 165	1,025 x 970 x 197
Peso (kg)	51.7	11.5	23.2	32.0

Compact Cooler 4 E

- Sistema completamente autónomo, pre-cargado con refrigerante (no es necesario la instalación de circuito de refrigerante)
- Compresor accionado por un motor eléctrico de 24 V
- Disponible con termostato electrónico (opcional)



Compact Cooler 4 E

Truck

Air conditioning

Compact Cooler 4 E Roof-mounted air-conditioning system The intelligent and practical solution

The CC4E roof-mounted air-conditioning system is particularly suitable for vehicles and machinery where refrigerant lines may interfere with operations, such as cranes, agricultural machinery, earth-moving equipment and service vehicles.

All major components are contained in the externally mounted unit, with air distribution being controlled via an air-distribution panel, mounted on the underside of the roof mount inside the cabin.

The system is pre-filled with Refrigerant (R134a). Once the unit has been roof-mounted and the internal air-distribution panel has been affixed, a simple connection to the on-board 24V power supply via cable harness completes the installation.

The CC4E is equipped with a protective circuit to prevent total battery exhaustion. The system disables itself automatically if the power supply drops below 20V for more than 10 seconds.

A 'soft-start' function prevents current peaks affecting the on-board power supply during start up of the system. An additional current overload protector triggers automatic shut-down of the system should current peaks in excess of 80A occur.



approx. 12,000 BTU Cooling Capacity

Optional:

- Set-point potentiometer with knob
Electric motor automatically shuts down when set temperature is reached and restarts when a subsequent temperature increase exceeds 2° C

CC4E Roof Mount Components:

- Baseplate – load bearing structural element
- Radial Fan
- Receiver-drier with view glass and pressure switch
- Condenser
- Evaporator with mist separator
- Expansion valve
- Anti-icing switch
- Screw connections
- Relay and holder for blade-type fuses
- Cable harness with grommet
- Axial fan
- Electric motor
- Compressor
- Refrigerant hoses

Technical specifications:

Unit	Cooling power (kW/ BTU)	Max. total power consumption (A)	Dimensions L x W x H (mm)	Weight (kg)	Nominal voltage (V)	Refrigerant (CFC-free)
CC4E/ES	3.5/12,000	68	1100 x 774 x 215	55	24	R134a

Webasto Thermo & Comfort Australia Pty Ltd
423 – 427 The Boulevard
Kirrawee NSW 2232
Australia

Phone: + 61 (0) 2 8536 4800
Fax: + 61 (0) 2 8536 4899

info@webasto.com.au

www.webasto.com.au

Anexo 4: Volquetes teledirigidos:

La unidad minera Cuajone – SPCC ubicada en Perú, aún no cuenta con ningún proyecto de inversión, para adquirir los camiones teledirigidos. Los camiones que actualmente están en operación son de las marcas Caterpillar y Komatsu.

Según la revista “Energiminas” los primeros camiones teledirigidos, comenzarían a operar en la unidad minera Quellaveco, ubicada en el Perú en el año 2022.



Este es el primer camión minero autónomo en el Perú y rueda en Quellaveco

© 16 diciembre, 2020

Ferreyros anunció en octubre que ha comenzado los trabajos para implementar con éxito el primer proyecto de acarreo 100% autónomo en el Perú y el de mayor escala en América. Lo hará en el proyecto Quellaveco, de Anglo American, en el que invierten más de US\$5.300 millones, y fuentes familiarizadas con el asunto sostienen que el primer camión autónomo minero en el Perú es un Cat 794AC, en el que los trabajos de instalación del *hardware* del sistema de autonomía ya han culminado.

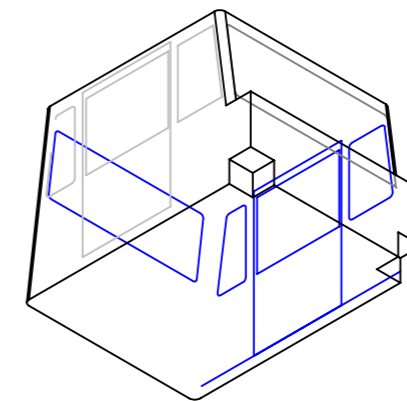
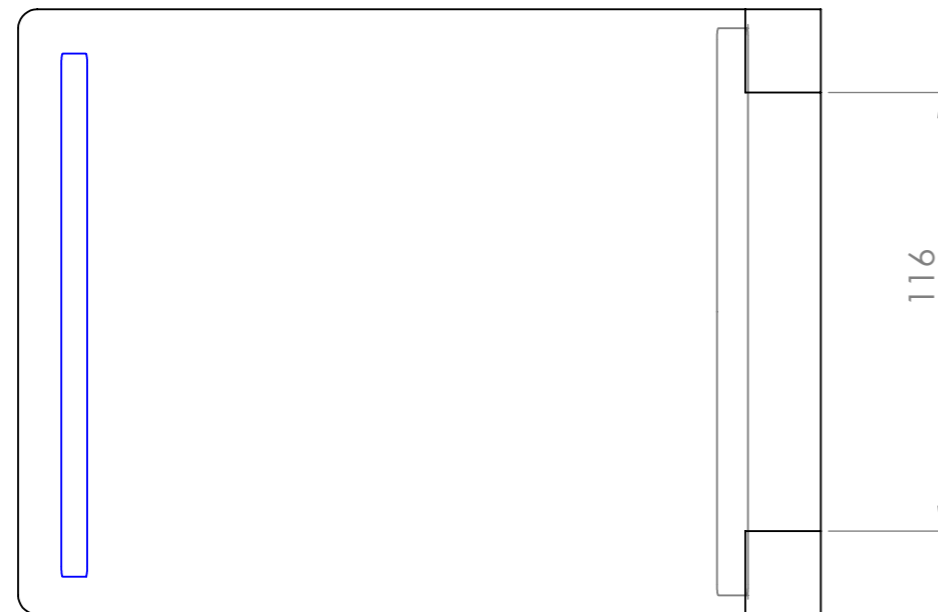
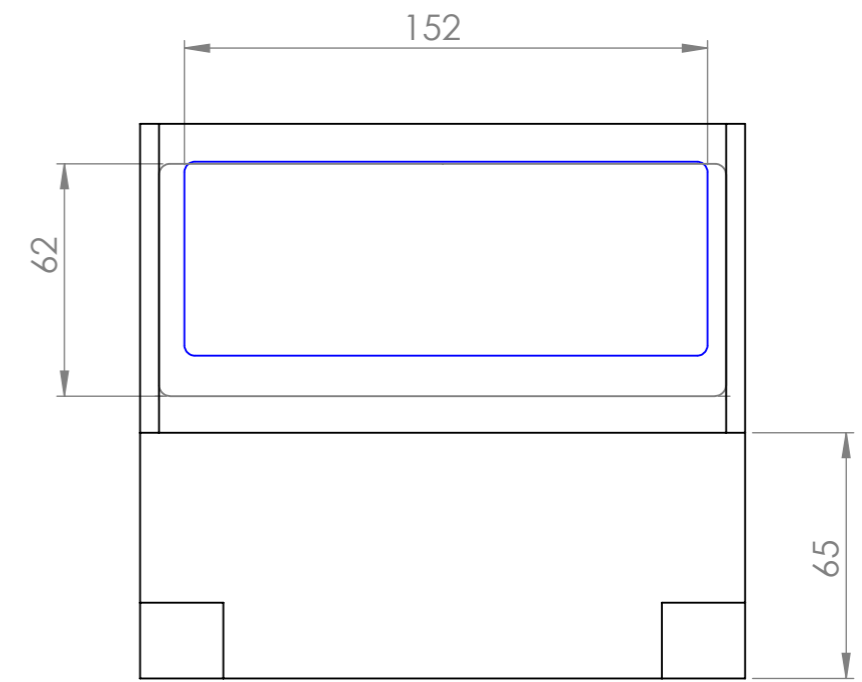
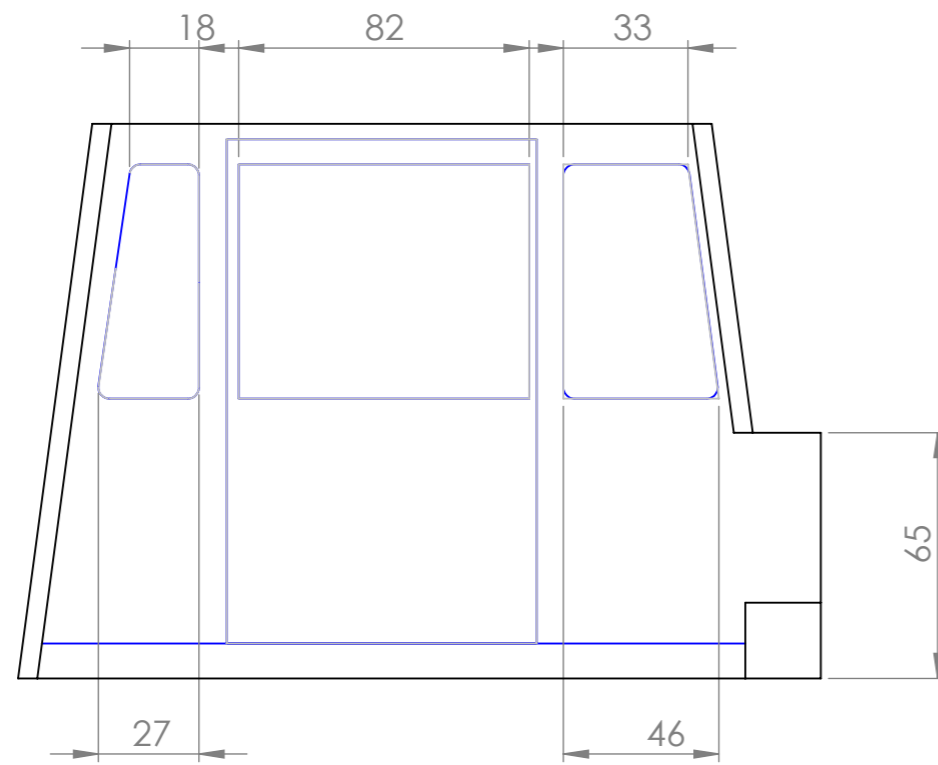
El primer camión pronto comenzará a ser probado en Quellaveco, aunque será el primero de muchos más. Ferreyros montará la innovación en «cerca de 30 camiones mineros Caterpillar, con capacidad de carga de 320 toneladas cada uno» que llegarán a Quellaveco en el transcurso de los siguientes años. La puesta en marcha de Quellaveco está programada para 2022.

Según el artículo titulado “Chile lleva once años de ventaja usando camiones mineros autónomos” de la misma revista “Energiminas” publicada el 18 de octubre del 2019.

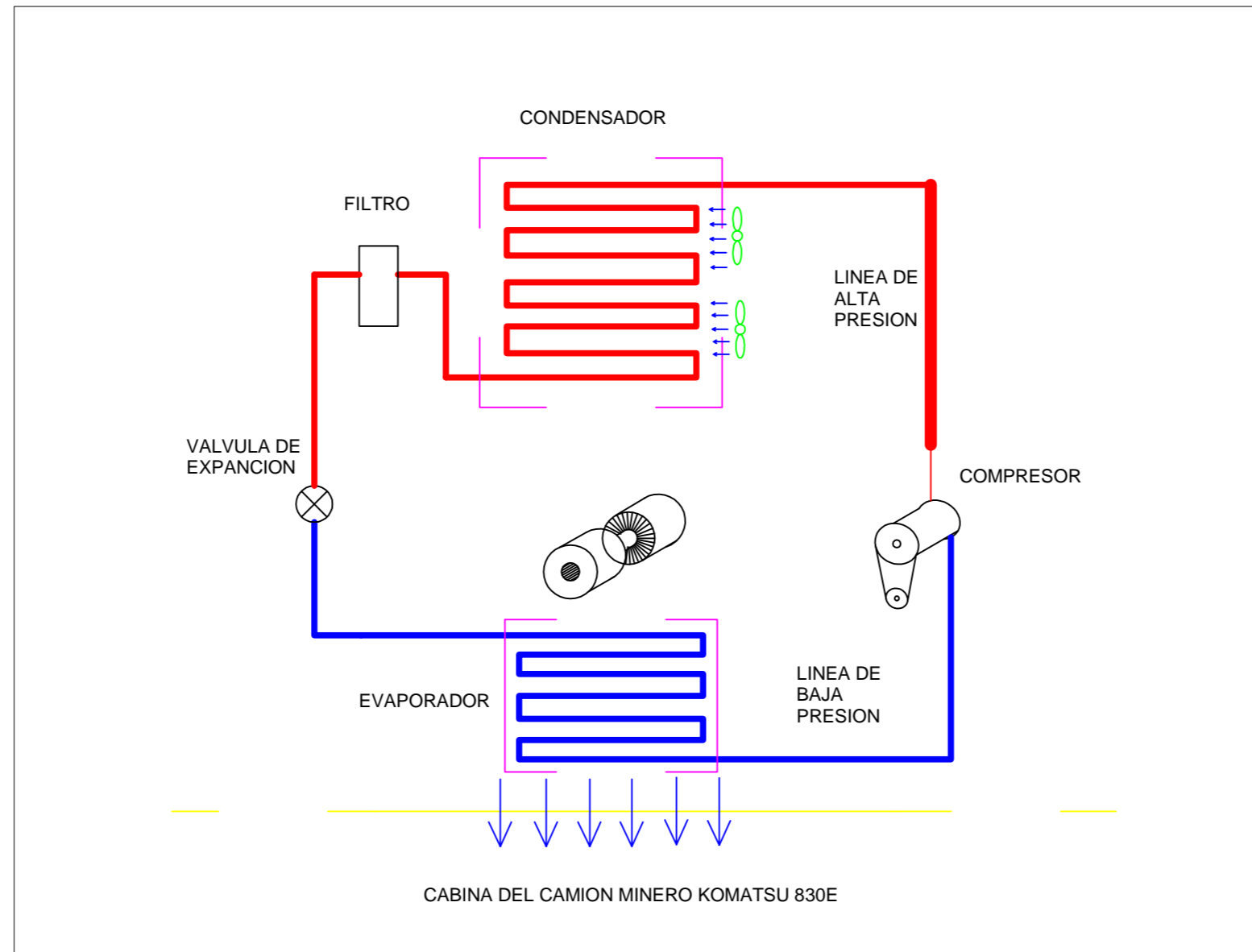
Menciona que desde el 2008, camiones mineros autónomos (sin conductor) extraen, como si fuera una coreografía, miles de toneladas de minerales al día en la operación a tajo abierto Gabriela Mistral, de la gigante chilena Codelco. La danza de los camiones mineros autónomos acaba de cumplir once años en el país vecino. Actualmente hay 18 camiones autónomos en Gabriela Mistral, que corresponden a la flota total de la División. Se comenzó con 10 camiones en el año 2008 y fue aumentando hasta llegar a la flota completa en el año 2014.

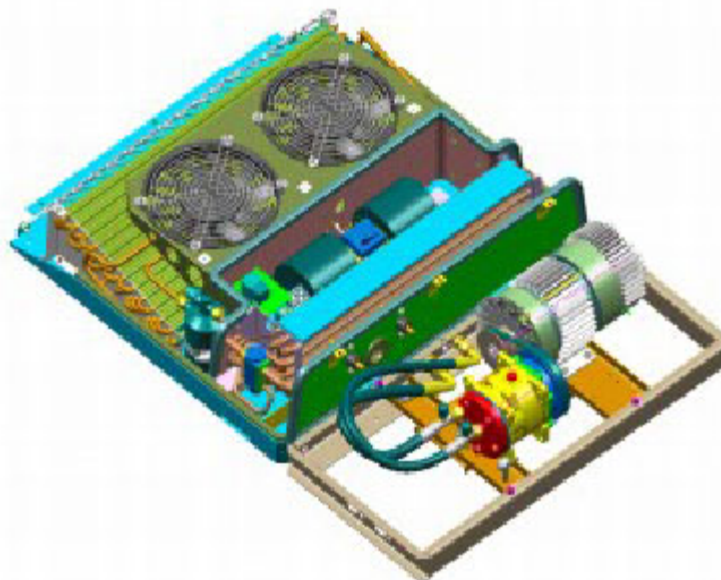
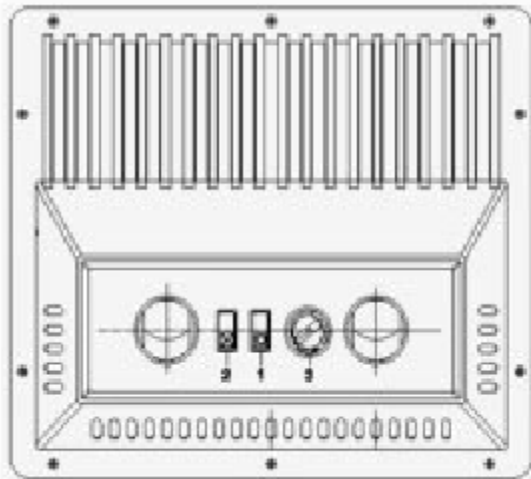
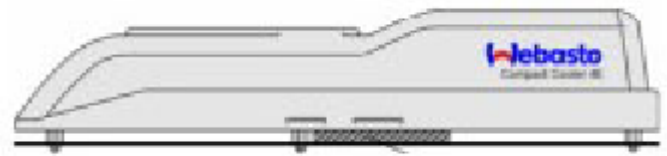
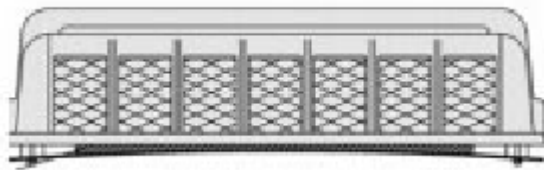
“Ha sido una apuesta exitosa”, refieren desde Codelco, que produce 1.6 millones de toneladas de cobre al año. Gabriela Mistral fue la primera operación minera del mundo con este sistema que, en términos generales, implica usar los mismos camiones de otras faenas, pero equipados con una serie de herramientas digitales y sensores que les permiten ser autónomos.

Anexo 5: Plano de caracterización de la cabina del camión minero
Komatsu modelo 830E.



FIRMA	FECHA: 20 - 12 - 19	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
AUTOR: BACH. BRIAN LOAYZA TICONA		NOMBRE DEL PLANO:
ESCALA: 1:20	N° PLANO 1	CARACTERIZACION DE LA CABINA DEL CAMION MINERO KOMATSU 830E





Firma:	FECHA: 24 - 12 - 19	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
NOMBRE: BRIAN LOAYZA TICONA		NOMBRE DEL PLANO: SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO COMPACTO COOLER 4E
ESCALA: 1 : 10	PLANO: 02	