



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL  
DIRECCIÓN GENERAL DE POSGRADOS**

**MAESTRIA EN SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE RIESGOS DE TRABAJO**

**“IDENTIFICACIÓN, MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DEL FACTOR DE  
RIESGO TÉRMICO EN EL PROCESO DE ARMADO Y EMPAQUE DE  
CIGARRILLOS Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO DEL  
PERSONAL EN UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE  
BIENES DE CONSUMO MASIVO”**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al Grado de  
Magister en Seguridad y Prevención de Riesgos en el trabajo**

**Autor**

**Ing. Gabriel Patricio Castellanos Mosquera**

**Directora**

**Ing. Maritza del Carmen Guevara Correa, MGT**

**Quito – Ecuador**

**Marzo 2016**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Gabriel Patricio Castellanos Mosquera, declaro que el presente trabajo de investigación es de mi autoría y que los resultados de esta investigación son auténticos y originales. Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de grado.

Quito, 13 de Marzo del 2016

Gabriel Patricio Castellanos Mosquera

Cédula de Identidad: 1719815837

## **INFORME DEL COMITÉ DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO**

Para: Rodrigo Albuja Chaves, Ph.D.  
Director General de Posgrados

Este trabajo de titulación, escrito por Gabriel Patricio Castellanos Mosquera, y titulado “Identificación, medición y evaluación del factor de riesgo térmico en el proceso de armado y empaque de cigarrillos y su efecto en el rendimiento productivo del personal en una empresa de producción y distribución de bienes de consumo masivo”, ha sido aprobado en cuanto a estilo y contenido académico, y se refiere a usted para ser juzgado.

El Comité de aprobación de este Trabajo de Titulación, una vez que se ha revisado y evaluado, y con la base de su mérito intelectual, recomienda sea APROBADO.

Ing. Maritza del Carmen Guevara Correa, MGT  
Director del Trabajo de Grado

Dr. Washigton René Paz Cevallos, Msc  
Evaluador

Dr. Jorge Albán Villacís, PhD.  
Evaluador

## **AGRADECIMIENTO**

Un especial agradecimiento a mi segunda madre Jenny Malena, quién con su apoyo incondicional en todo este proceso me soportó para conseguir este título; muchas gracias por toda esa entrega a su familia.

Un gran agradecimiento a la Ing. Maritza Guevara, quien con su acertada dirección y con un gran sentido de responsabilidad docente, aportó de manera significativa en este proceso. Usted Ing. Guevara realmente marcó la diferencia en este ciclo de maestría.

Gabriel Castellanos

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de titulación está dedicado desde el fondo de mi corazón a mi hijo Martín Andrés, quien desde muy pequeñito se vio obligado a acostumbrarse a dar su apoyo a su papá y no poder compartir más tiempo juntos. De igual manera se lo dedico a mi hermosa esposa Malena Carolina, que con un apoyo incondicional y con un amor sin fronteras me soportó de inicio a fin en la consecución de este éxito.

No pueden faltar mis padres, quienes entregaron su vida entera para enseñarme a ser un hombre de verdad y a carta cabal, de corazón muchas gracias porque todo lo que puedo conseguir es gracias a ustedes y a todos los sacrificios que todavía hacen por nosotros.

Gabriel Castellanos

## INDICE DE CONTENIDOS

<b>DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>v</b>
<b>INDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>vi</b>
<b>INDICE DE TABLAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1    El problema de investigación .....	1
1.1.1    Problema a investigar .....	1
1.1.2    Objeto de estudio teórico .....	1
1.1.3    Objeto de estudio práctico .....	2
1.1.4    Planteamiento del problema .....	2
1.1.5    Formulación del problema .....	3
1.1.6    Sistematización del problema .....	3
1.1.7    Objetivo general.....	4
1.1.8    Objetivos específicos.....	4
1.1.9    Justificación .....	4
1.2    Marco referencial.....	5
1.2.1    Marco teórico.....	5
1.2.2    Marco legal.....	23
1.2.3    Caracterización de los procesos en la elaboración y empaque de cigarrillos.....	28
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>32</b>
<b>MÉTODOLOGÍA.....</b>	<b>32</b>
2.1    Metodología general.....	32
2.1.1    Nivel de estudio .....	32
2.1.2    Modalidad de investigación .....	32
2.1.3    Población y muestra.....	33
2.1.4    Selección de instrumentos de investigación.....	35
2.1.5    Recolección y procesamiento de datos .....	44
2.1.6    Técnicas e instrumentos de validación .....	46
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>47</b>
<b>ANÁLISIS Y RESULTADOS .....</b>	<b>47</b>
3.1    Medición de los datos de temperatura.....	47

3.2	Cálculo del Índice WBGT .....	51
3.3	Corrección del Índice WBGT según aislación térmica.....	53
3.4	Cálculo del consumo metabólico .....	54
3.5	Determinación del riesgo térmico .....	58
3.6	Resultados de productividad del proceso.....	60
3.7	Relación de los resultados de productividad con el Índice WBGT.....	63
3.8	Relación de los resultados de correlación por turno trabajo .....	66
3.8	Prueba de hipótesis.....	70
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>72</b>
<b>DISCUSIÓN.....</b>		<b>72</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>73</b>
	Conclusiones .....	73
	Recomendaciones .....	75
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>76</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>80</b>
<b>ANEXO 1 – DETALLE DE GÉNERO, EDAD Y ANTIGÜEDAD DEL PERSONAL .....</b>		<b>81</b>
<b>ANEXO 2 – TEMPERATURA GLOBAL Y TEMPERATURA HUMEDA NATURAL .....</b>		<b>83</b>
<b>ANEXO 3 – TEMPERATURA GLOBAL Y TEMPERATURA HUMEDA NATURAL POR TURNO DE TRABAJO.....</b>		<b>84</b>
<b>ANEXO 4 – TEMPERATURA GLOBO POR FACTOR INDICE WBGT .....</b>		<b>85</b>
<b>ANEXO 5 – TEMPERATURA HUMEDA NATURAL POR FACTOR INDICE WBGT .....</b>		<b>86</b>
<b>ANEXO 6 – OBSERVACION DE VESTIMENTA.....</b>		<b>87</b>
<b>ANEXO 7 – NTP 322 VALORACION DEL RIESGO DE ESTRÉS TERMICO: INDICE WBGT .....</b>		<b>88</b>
<b>ANEXO 8 – HOJAS TECNICAS DE EQUIPOS DE MEDICION.....</b>		<b>89</b>
<b>ANEXO 9 – CERTIFICADOS DE MEDICION DE EQUIPOS.....</b>		<b>90</b>
<b>ANEXO 10 - PROPUESTA .....</b>		<b>91</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Humedad industrial .....	11
Tabla 2. Efectos patológicos por la termorregulación.....	14
Tabla 3. Vías de intercambio térmico .....	18
Tabla 4. Legislación aplicable en materia de riesgos .....	24
Tabla 5. Artículos seguridad y prevención riesgos laborales.....	25
Tabla 6. Estimación del consumo metabólico.....	39
Tabla 7. Descripción de actividades/tiempo de trabajadores .....	40
Tabla 8. Valores límite de referencia Índice WBGT.....	40
Tabla 9. Factores de corrección del Índice WBGT por vestuario .....	41
Tabla 10. Temperatura índice WBGT.....	52
Tabla 11. Cálculo del índice de aislamiento térmico (Clo).....	54
Tabla 12. Descripción de actividades del proceso .....	55
Tabla 13. Duración de tiempo por actividad (minutos).....	56
Tabla 14. Consumo referencial metabólico por actividad laboral.....	56
Tabla 15. Cálculo consumo metabólico por actividad laboral .....	57
Tabla 16. Cálculo consumo por actividad laboral.....	57
Tabla 17. Valores límite de referencia Índice WBGT.....	58
Tabla 18. Evaluación de riesgo térmico .....	58
Tabla 19. Evaluación de riesgo térmico por turno de trabajo .....	59
Tabla 20. Productividad proceso.....	60
Tabla 21. Productividad proceso por turno de trabajo .....	62
Tabla 22. Productividad – Índice WBGT I.....	63
Tabla 23. Productividad – Índice WBGT II.....	64
Tabla 24. Productividad – Índice WBGT Turno 1 .....	66
Tabla 25. Productividad – Índice WBGT Turno 2.....	68
Tabla 26. Productividad – Índice WBGT Turno 3.....	69



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de fabricación de cigarrillo.....	2
Figura 2. Interrelación hombre - máquina.....	7
Figura 3. Principales factores de riesgo físico.....	9
Figura 4. Valoración estrés térmico .....	12
Figura 5. Modelo de regulación térmica del cuerpo humano.....	16
Figura 6. Sistema termoregulador según Grandjean .....	18
Figura 7. Proceso de sudoración .....	21
Figura 8. Causas más importantes de estrés térmico.....	23
Figura 9. Diagrama de flujo del proceso .....	29
Figura 10. Equipo de medición Temperatura húmeda natural y de Globo .....	36
Figura 11. Archivo de descarga de datos de equipo.....	36
Figura 12. Hidrotermógrafo Omega M4098 .....	37
Figura 13. Archivo de descarga datos equipo .....	37
Figura 14. Hoja de calibración de equipos.....	38
Figura 15. Valores límites del índice WBGT.....	41
Figura 16. Fórmula de cálculo Uptime.....	44
Figura 17. Información de calibración .....	47
Figura 18. Temperatura global .....	48
Figura 19. Temperatura húmeda natural .....	49
Figura 20. Temperatura globo y húmeda natural .....	50
Figura 21. Dispersión entre temperatura globo y húmeda natural .....	51
Figura 22. Comparativo temperaturas .....	53
Figura 23. Tendencia de la productividad.....	61
Figura 24. Productividad por turno de trabajo .....	63
Figura 25. Productividad e índice WBGT.....	65
Figura 26. Productividad e Índice WBGT – Turno 1.....	67
Figura 27. Productividad e Índice WBGT – Turno 2.....	69
Figura 28. Productividad e Índice WBGT – Turno 3.....	70

## **RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo de investigación es identificar, medir y evaluar los riesgos térmicos de los trabajadores en un proceso productivo y su la relación con la productividad.

Para este propósito se utilizó la norma NTP 322 del Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España, en donde se requiere una relación entre el índice WBGT y el consumo metabólico propio de las actividades de los trabajadores. Para ello se analizaron mediciones de temperatura de globo y temperatura húmeda natural con equipos calibrados desde Enero 2014 hasta Noviembre 2015; de igual manera se caracterizaron los puestos de trabajo a ser analizados, su vestimenta y el consumo energético asociado.

Fruto de este análisis se determinó que en varios meses de este periodo existe riesgo térmico para los trabajadores, pero en menor incidencia en los turnos de la noche donde la temperatura es inferior.

Finalmente se relacionó con la productividad del proceso, encontrándose que efectivamente existe una relación directa de más del 28% de efecto en la productividad relacionada a la temperatura donde los trabajadores cumplen sus actividades.

Palabras Clave: Riesgo térmico, índice WBGT, NTP 322, productividad.

## **ABSTRACT**

The objective of this research is to identify, measure and assess thermal risks of workers in the productive process and its relationship with productivity.

The standard NTP 322 of the Institute of Safety and Health at Work in Spain was used, where a relationship between the WBGT index and consumption own metabolic activities of workers it's required. For this balloon temperature measurements and natural humid temperature were analyzed with calibrated equipment from January 2014 to November 2015 teams; likewise the jobs to be analyzed, clothing and associated energy consumption were characterized.

The result of this analysis it was determined that there thermal risk to workers in several months of this period, but less impact on night shifts where the temperature is lower.

Ultimately it was linked to the productivity of the process, finding that there is a direct relationship of more than 28% effect on productivity related to the temperature where workers perform their activities.

Key words: Thermal risk, WBGT index, NTP 322, productivity.

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 El problema de investigación

#### 1.1.1 Problema a investigar

La empresa de producción y distribución de productos de consumo masivo tiene varias décadas de participación en el mercado nacional y pertenece a una multinacional con presencia en varios países a nivel global. En el Ecuador, su principal producto de comercialización son los cigarrillos, manejando varias marcas en el mercado. La principal instalación de armado y empaque de cigarrillos se encuentra en el sector sur de la ciudad de Quito, específicamente en San Bartolo.

El crecimiento comercial constante que ha tenido esta organización, tiene como consecuencia que la empresa ha duplicado su producción de cigarrillos, por lo que, ha incrementado el número de personal en el proceso de armado y empaquetamiento de cigarrillos, hasta trabajar en dos turnos de diez y seis horas diarias durante cinco días laborales. Ante esta circunstancia algunos aspectos relacionados con temas de temperatura y humedad han sido descuidados por la organización.

Es importante destacar el papel que tiene la seguridad dentro de los procesos productivos como una estrategia para el mejoramiento de las técnicas que elevan los grados de rendimiento laboral. La empresa puede y debe detectar los factores que determinen la gestión y seguridad adecuada para mejorar las condiciones de los trabajadores que fortalezcan los procesos productivos.

#### 1.1.2 Objeto de estudio teórico

La fundamentación teórica, legales y metodológicos que son empleados para validar la existencia de riesgos térmicos.

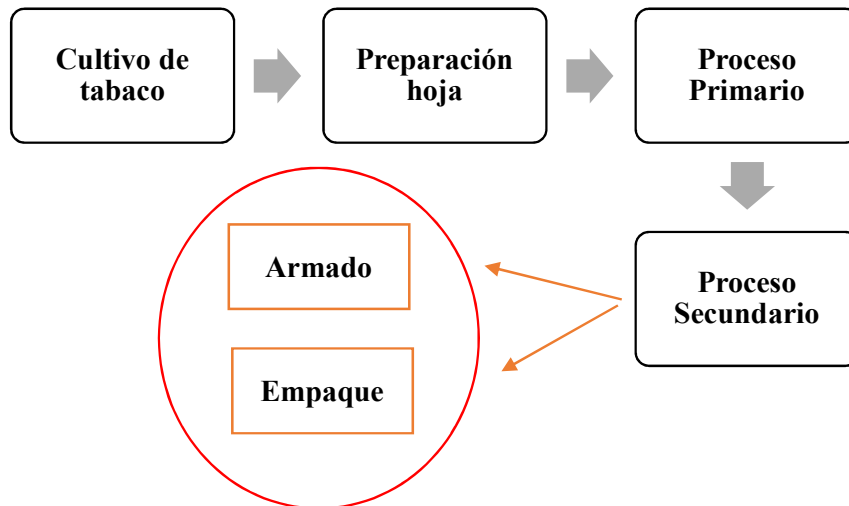
### 1.1.3 Objeto de estudio práctico

La ocurrencia de riesgos térmicos hallados en el proceso de armado y empaque de cigarrillos en una empresa de producción y distribución de bienes de consumo masivo.

### 1.1.4 Planteamiento del problema

El proceso de armado y empaquetamiento de cigarrillos inicia en las plantaciones de agricultores independientes de la provincia de Guayas y Los Ríos, quienes proveen de tabaco a la fábrica ubicada en el cantón Duran; esta producción es enviada a la planta industrial de San Bartolo. En la estructura administrativa de la empresa está compuesta por dos fábricas, oficina administrativa y diez oficinas de ventas en el país.

El proceso de fabricación del cigarrillo, inicia con el cultivo de las plantas de tabaco en las plantaciones de las provincias de la Costa mencionadas, posterior a la cosecha de la hoja de tabaco es enviada a la planta de producción para el proceso de fabricación, el cual se divide en proceso primario y secundario. El proceso primario es transformar el tabaco en las diferentes calidades y tipos; el proceso secundario es el armado y empaque de cigarrillos. Como se muestra en el siguiente gráfico:



**Figura 1. Proceso de fabricación de cigarrillo**

**Fuente:** Investigación

La presente investigación se centra en el proceso secundario que comprende el armado y empaque de cigarrillos, el mismo que se divide en células de manufactura, las cuales abarcan cinco clases de cigarrillos, estos son: king size 20, long size 20, king size 10, long size 10 y cajetilla suave.

Como se menciona anteriormente, la empresa ha tenido un fuerte crecimiento en los últimos años, por lo que, sus esfuerzos organizacionales se han concentrado en la administración comercial y productiva, relegando actividades primordiales como la prevención del riesgo laboral a tareas secundarias, lo que deriva en la probable existencia de riesgo térmico en el proceso de armado y empaquetamiento, incidiendo en las condiciones laborales de las personas que trabajan en esta área.

### **1.1.5 Formulación del problema**

¿Cuáles son los riesgos térmicos a los que están expuestos los trabajadores del proceso de armado y empaque de cigarrillos en una empresa de producción y distribución de bienes de consumo masivo y su efecto en la productividad laboral?

### **1.1.6 Sistematización del problema**

¿Cuáles son los fundamentos teóricos, legales y metodológicos que se emplean para identificar los riesgos térmicos?

¿Cuáles son las características térmicas (temperatura y humedad relativa) de los puestos de trabajo involucrados en el proceso de armado y empaque de cigarrillos?

¿Cómo se mide y evalúan los factores de riesgo térmico?

¿Cómo se identifican los riesgos térmicos a los que son expuestos los trabajadores del proceso de armado y empaque de cigarrillos?

¿Cuál es la relación que existe entre los riesgos térmicos hallados en el proceso de armado y empaque de cigarrillos con la productividad laboral en la empresa de producción y distribución de bienes de consumo masivo?

### **1.1.7 Objetivo general**

Identificar, medir y fundamentar los riesgos térmicos que están expuestos los trabajadores del proceso de armado y empaque de cigarrillos en una empresa de producción y distribución de bienes de consumo masivo y su relación con la productividad laboral.

### **1.1.8 Objetivos específicos**

Fundamentar los aspectos teóricos, legales y metodológicos que se emplean para identificar los riesgos térmicos.

Caracterizar los puestos de trabajo involucrados en el proceso de armado y empaque de cigarrillos.

Identificar los riesgos térmicos a los que son expuestos los trabajadores del proceso de armado y empaque de cigarrillos.

Medir y evaluar los riesgos térmicos identificados.

Relacionar los riesgos térmicos hallados en el proceso de armado y empaque de cigarrillos con la productividad laboral en la empresa de producción y distribución de bienes de consumo masivo.

### **1.1.9 Justificación**

En la presente investigación se pretende evidenciar la relación entre los factores de riesgo térmico y la productividad laboral, en el proceso de armado y empaquetamiento de cigarrillos. Para lo cual se tomó en cuenta la temperatura ambiental y la humedad en las instalaciones donde se ejecuta el proceso citado, para lo cual, se ejecutó un estudio longitudinal en el año 2014 y 2015 para tener una mayor fuente de información que permita verificar la relación mencionada anteriormente.

La importancia de los resultados radica en identificar las posibles causas del riesgo térmico, con el fin de minimizarlas; para de esta manera, obtener un impacto positivo en la salud de los trabajadores y por ende en la productividad laboral. Este aspecto también

incidiría en la motivación del personal y por ende en un mejor clima laboral en la organización.

De igual manera, se puede constituir en una referencia teórico-empírica para abordar el análisis de riesgo térmico en actividades productivas diversas y fundamentar técnicamente medidas de control que se apeguen a soluciones con bajo impacto en el costo y tiempo de trabajo.

La investigación busca llegar a un conocimiento técnico utilizando metodologías de fácil aplicación en la empresa, con el fin de emplear de manera eficiente los recursos de la organización; esto determina su alto nivel de aplicación sin necesariamente recurrir a exámenes físicos o diagnósticos médicos.

## **1.2 Marco referencial**

### **1.2.1 Marco teórico**

#### **Riesgos laborales**

Colimon (1975) citado por Marín & Pico (2009) define al riesgo como “la probabilidad de ocurrencia de un evento, ya sea este una enfermedad, la complicación de la misma o la muerte” y factor de riesgo “es un elemento, fenómeno de naturaleza física, química, orgánica, psicológica o social que involucra la capacidad potencial de provocar daño en la salud de los trabajadores, en las instalaciones locativas, las máquinas y los equipos” (pág. 27)

Otra definición de riesgo está dada por el Ministerio de Salud Pública el cual menciona que el riesgo es “la combinación de la probabilidad de que ocurra un suceso o exposición peligrosa y la severidad del daño o deterioro de la salud” (Ministerio de Salud Pública, 2012).

Una vez identificado lo que es el riesgo, se menciona el significado de riesgo laboral al cual el Ministerio de Salud Pública, lo define como la “probabilidad de que la exposición a un factor ambiental peligroso en el trabajo cause enfermedad o lesión. El trabajo tiene



influencia directa sobre la salud de los trabajadores y en algunas ocasiones supone una agresión para la salud” (Ministerio de Salud Pública, 2012).

## **Ergonomía**

La ergonomía para Betancourt & Ferrer (2009), no es más que el estudio científico de las relaciones entre el hombre y su ambiente de trabajo, donde el término ambiente, es utilizado en un sentido más global, incluyendo también equipos, aparatos, herramientas, materiales, métodos y la propia organización del trabajo.

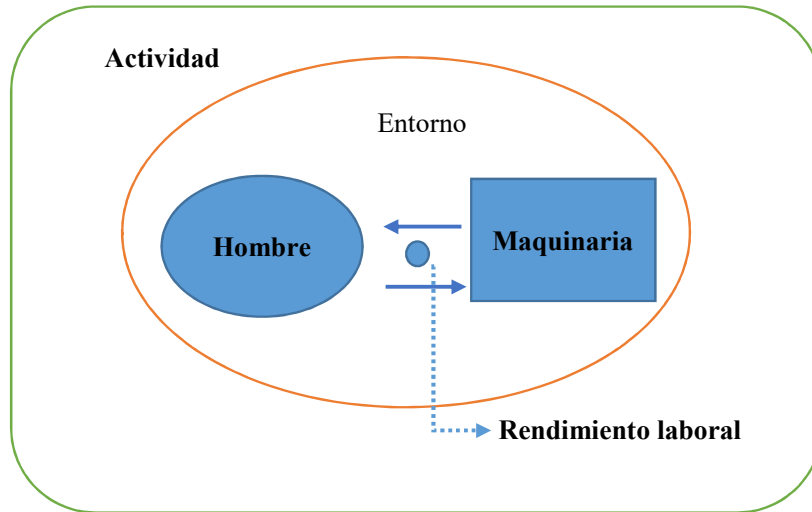
Ramírez (2009) define a la ergonomía como una ciencia que está orientada a adaptar el trabajo al hombre, con una relación intrínseca entre la máquina, el entorno, la tarea y el trabajador. (Ramírez, 2005, pág. 67)

La ergonomía pretende adaptar el trabajo al hombre más no que el hombre se adapte al trabajo. Es el ajuste del entorno hacia el individuo a través de los conocimientos anatómicos, físicos, fisiológicos, psicológicos que permitan desarrollar métodos que sirvan para determinar los límites de las personas en la realización de las distintas actividades laborales.

Si bien existen varias definiciones, “la ergonomía como ciencia se basa en los conocimientos del organismo humano y sus limitaciones para la adaptación del hombre al trabajo, como del trabajo al hombre, esta adaptación se lleva a cabo teniendo en cuenta los objetivos de humanidad y optimización económica, protegiendo la salud del trabajador en un marco social adecuado” (Rivas, 2007, pág. 20)

Por su parte Cruz & Garnica (2007), sostienen que la ergonomía se basa en la interacción entre un operario y su máquina afectada por su entorno con la finalidad de optimizar el rendimiento del trabajador. (pág. 21)

De igual manera indican que el objetivo de la ergonomía es encontrar las variables de diseño para tener el mayor rendimiento del trabajo a ser realizado por el conjunto máquina – trabajador (Cruz & Garnica, 2007). Se entiende como operario al usuario o la persona que manipula el artefacto, y como entorno el medio ambiente físico y social que circunda al conjunto, como se muestra en el siguiente gráfico:



**Figura 2. Interrelación hombre - máquina**

**Fuente:** (Cruz & Garnica, 2007)

De acuerdo con Aref & Fernandez (2007), la ergonomía en lo que a la protección de la salud se refiere “busca reducir o evitar las enfermedades generadas por el trabajo, que históricamente fueron atribuidas en las personas de mayor edad por el envejecimiento natural del cuerpo y que hoy en día gracias al avance en esta materia se puede demostrar, que son consecuencia de un sin número de sobre sollicitaciones, tales como las posturas antinaturales, los movimientos repetitivos o no adecuados, y las exposiciones a ruidos, vibraciones, gases, iluminación, etc., que afectan al organismo en el transcurso del tiempo” (pág. 29)

Por otro lado la Organización Internacional de Trabajo (1998) determina que un objetivo fundamental para la ergonomía es la búsqueda de la buena racionalización técnico - económica, tratando de hallar la correcta coordinación funcional del acople hombre máquina y procurando un buen rendimiento del sistema laboral en vista de un incremento de la rentabilidad.

Entre los objetivos generales de la ergonomía se encuentran los siguientes:

- Aumentar la productividad en las actividades realizadas por los trabajadores
- Disminución de los costos por incapacidad de los trabajadores.
- Aumento en la productividad y calidad

- Aumento en la productividad y eficacia.
- Fiabilidad
- Satisfacción con el trabajo.
- Desarrollo personal
- Empleo de normas.
- Reducción de desperdicios de materia prima.
- Reducción de ausencias del personal.
- Aumento del confort y el bienestar de los trabajadores.

La ergonomía es muy importante y permite a quien la considera crear ventajas que pueden reflejarse de diferentes maneras: en la productividad, en la seguridad, en la salud, en la calidad, en la satisfacción con el trabajo y en el desarrollo personal. De esta manera la aplicación de la ergonomía en una u otra institución podrá reducir ciertos riesgos como: lesiones en trabajadores, disminuir el estrés o fatiga y el evitar errores en las cargas de trabajo reflejados en actos inseguros. Como consecuencia de esta reducción de riesgos en el ámbito laboral disminuirán costos médicos, nivel de ausentismo y por ende reducción del tiempo perdido, etc.

En consecuencia y de acuerdo con lo mencionado por los diferentes autores citados anteriormente se puede afirmar que existiendo una armonía entre el trabajador, su ambiente y sus tareas de trabajo se puede producir un incremento en la productividad y la eficiencia del trabajo realizado por los trabajadores.

### **Factores de riesgo**

Es todo elemento, fenómeno, ambiente o acción humana que encierran una capacidad potencial de producir lesiones a los trabajadores, daños a las instalaciones locativas, equipos, herramientas y cuya probabilidad de ocurrencia depende de la eliminación o control del elemento agresivo (Aguirre & Vallejos, 2013)

### **Factores de riesgo físicos**

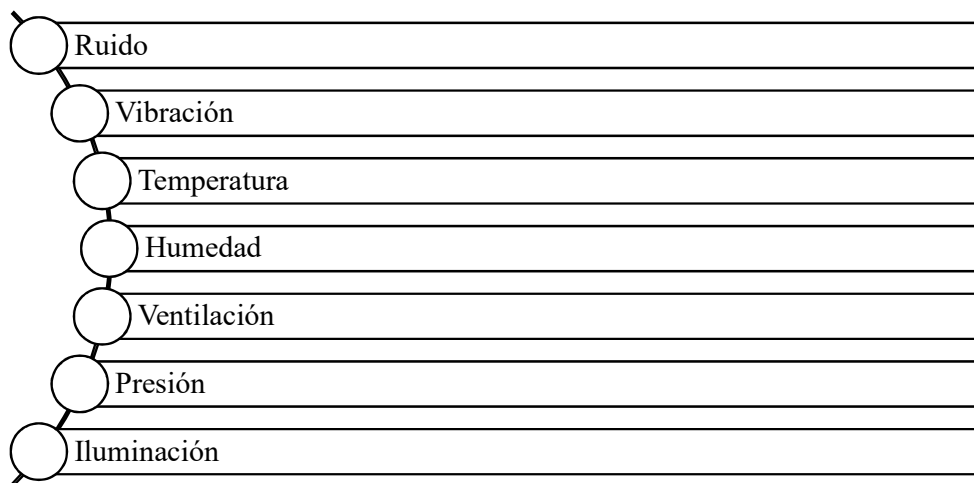
Representan un intercambio brusco de energía entre el individuo y el ambiente, en una proporción mayor a la que el organismo es capaz de soportar; entre los más importantes

se citan: ruido, vibración, temperatura, humedad, ventilación, presión, iluminación, radiaciones no ionizantes y radiaciones ionizantes. (García & Rodríguez, 2011, pág. 40)

En todo lugar de trabajo existe un ambiente físico que rodea a las personas trabajando, entre el ambiente y las personas se produce una interacción que puede causar daño si se sobrepasa determinados niveles de equilibrio normal. Los procesos de trabajo además producen una modificación del ambiente, en muchas de las veces aumentando factores de riesgo físico. Se denomina factores físicos o no mecánicos aquellos que se generan por la presencia del ruido, vibraciones, iluminación, temperatura radiaciones, presiones anormales y electricidad. (Moreno Flores, 2011)

Son todos aquellos factores ambientales de naturaleza física que al “ser percibidos” por las personas, pueden provocar efectos adversos a la salud según sea la intensidad, la exposición y concentración de los distintos lugares de trabajo (Leñero & Solís, 2008).

La presencia de factores físicos que alteren el estado de salud de los trabajadores es inevitable, sin embargo se pueden tomar medidas de control y prevención para disminuir el impacto negativo de los mismos sobre el correcto funcionamiento del cuerpo humano es sus funciones físicas, fisiológicas y cognoscitivas.



**Figura 3. Principales factores de riesgo físico**

**Fuente:** Investigación

En el caso que corresponde a la investigación se detalla los siguientes:

- **Temperatura**

Cabalciro (2010) indica que la respuesta del ser humano a la temperatura ambiental está relacionado a un equilibrio complejo entre la generación de calor y que tan rápido es capaz de perder dicho calor. El calor se puede perder por tres vías: radiación, convección y por evaporación; en condiciones normales la temperatura del cuerpo se mantiene entre 36.1 y 37.2 grados centígrados. (Cabalcero, 2010)

En condiciones de temperaturas bajas, el cuerpo humano necesita mantener y generar calor, por lo que los vasos sanguíneos se constriñen y la sangre se desplaza a la periferia de los órganos internos y se produce un color azulado del individuo. De igual manera aumenta el ritmo metabólico mediante vibraciones no controladas de los músculos, conocidos como escalofríos (Cabalcero, 2010).

Cuando el trabajador está expuesto a altos niveles de calor radiante o dirigido puede llegar a sufrir daños como la quemadura del tejido en el caso de que la temperatura alta sobre la piel es superior a los 45°C.

- **Humedad**

Al igual que la temperatura o la iluminación son condiciones ambientales que deben ser tomadas en cuenta para que el trabajo se realice con la mayor seguridad y confort. Es recomendable que la humedad relativa debe estar comprendida entre el 30 - 70%, excepto en los lugares donde existan riesgos por energía estática, en los que el límite inferior será el 50%, como se muestra en la siguiente tabla: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España, 2008)

**Tabla 1. Humedad industrial**

Condiciones	Humedad Relativa	
	Mínima	Máxima
Actividad		
<b>Normal</b>	30%	70%
<b>Riesgo electricidad estática</b>	50%	70%

**Fuente:** Evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España, 2008)

Si la humedad ambiental esta fuera de dicho rango se pueden producir los siguientes efectos:

- **Baja humedad relativa:** Se produce un incremento de la transpiración del cuerpo, relacionado con la temperatura, ambiental, que ocasiona, fundamentalmente, sequedad de las mucosas de la nariz, boca, etc.
- **Alta humedad relativa:** La transpiración se ve reducida, y la termorregulación del cuerpo no es eficaz ante altas temperaturas.

Es necesario mencionar que la humedad relativa hace alusión al porcentaje de agua en el aire con relación al máximo que contener a una temperatura determinada.

- **Ventilación**

Cabalciro define a la ventilación como el flujo de aire en un espacio físico determinado, la misma que permite una transferencia de calor entre un cuerpo y el flujo (Cabalcero, 2010).

Existen causas por las que el aire de un espacio de trabajo puede convertirse en viciado o irrespirable. Algunas de ellas son:

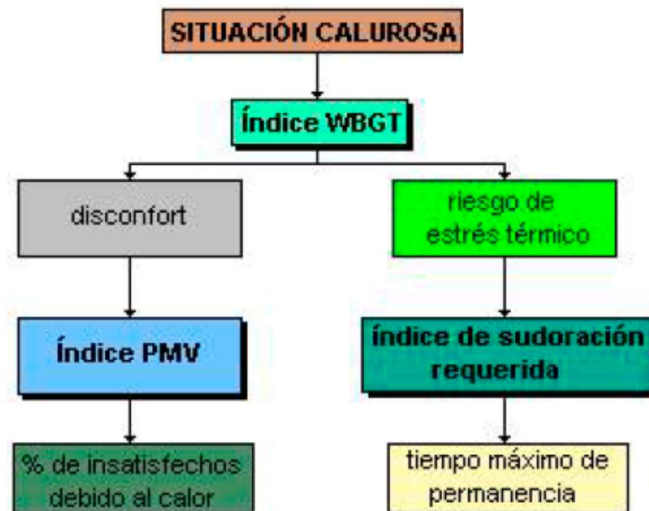
- **Presencia de bacterias:** esto se produce cuando no existe una recirculación de aire adecuada con ingreso, retorno y salida de aire; sino que la recirculación es continua y las bacterias tienen mayor oportunidad de concentrarse en el polvo o en gotas de rocía de agua del aire viciado.

- Percepción de olores: por ingreso de olores concentrados al aire, los mismos que resultan desagradables e incómodos para los trabajadores. La mejor solución para este problema es forzar el ingreso de aire nuevo y limpio al área de trabajo.
- Ambientes cálidos: Los factores térmicos inciden directamente en la comodidad de un trabajador de ejecutar sus funciones. La temperatura para lograr confort para un ser humano es de 20 grados centígrados.

### Riesgo de estrés térmico

De acuerdo al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España (2012) en su documento NTP 322, define al riesgo térmico como una dependencia directa entre la generación de calor del organismo como resultado de la actividad física y las características del ambiente donde desarrolla sus tareas.

Para valorar el ambiente térmico existe la metodología WBGT, el cual se detalla en el siguiente gráfico:



**Figura 4. Valoración estrés térmico**

**Fuente:** Evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España, 2008)

De acuerdo a la guía de buenas prácticas NTP 322, “para ambientes térmicos moderados es útil conocer el índice PMV (*Predicted Mean Vote*), cuyo cálculo permite evaluar el nivel de confort o desconfort de una situación laboral”.

Como menciona la NTP 779 (2007) el índice PMV “refleja el valor medio de los votos emitidos por un grupo numeroso de personas respecto de una escala psicofísica de siete niveles al ser sometidos a diferentes ambientes térmicos. El índice se obtiene de la ecuación del balance térmico y de los datos estadísticos de pruebas experimentales”.

Según Hernández (2007) balance térmico “es el equilibrio que se establece entre el organismo y el ambiente en el que calor generado internamente y/o ganado del ambiente es igual a la cantidad de calor cedido al ambiente”.

### **Ambiente térmico**

El ambiente donde se realizan las labores pueden afectar a la seguridad y salud de los trabajadores, aun cuando las condiciones no sean extremas y el trabajo no sea fuerte, estas pueden afectar en el desarrollo y en el rendimiento del trabajo. Las condiciones termohigrométricas por calor o frio pueden generar riesgos intolerables o riesgos por falta de confort, los cuales deben ser evaluados con métodos específicos para determinar su nivel de riesgos.

De acuerdo a estudios realizados, “se indica que el Hipotálamo es el centro encargado de regular las temperaturas de todo el cuerpo humano frente a aportes o pérdidas de calor, utilizando al sistema nervioso central como medio de información para controlar las variaciones de temperaturas” (Organizacion Internacional del Trabajo, 2012, pág. 42)

El ser humano tiene dos mecanismos para regular la temperatura, la fisiológica y la que depende del comportamiento de la persona. Los dos mecanismos tienen como finalidad evitar enfermedades y alcanzar el confort de las personas.



## Reacción del cuerpo humano a las altas temperaturas

La reacción de las personas frente un ambiente térmico no necesariamente es la misma, ya que para una puede representar una simple molestia y en otra persona se pueden presentar manifestaciones características del estrés térmico.

“El aumento de la temperatura del ambiente provoca igualmente el aumento de temperatura corporal de las personas expuestas al mismo. Sobre este aumento de temperatura el cuerpo reacciona con la sudoración y el aumento del riego sanguíneo para facilitar la pérdida de calor por convección a través de la piel y que a su vez son causa de serios trastornos, tales como la pérdida de elementos básicos para el cuerpo (agua, sodio, potasio, etc.) motivada por la sudoración o la bajada de tensión provocada por la vasodilatación que puede dar lugar a que no llegue riego suficiente de sangre a los órganos vitales del cuerpo como el cerebro, produciendo los típicos desmayos o lipotimias” (Cortés, 2007, pág. 465)

A continuación se presentan los efectos patológicos por problemas de termorregulación:

**Tabla 2. Efectos patológicos por la termorregulación**

Accidentes	Trastornos
<ul style="list-style-type: none"><li>• Quemaduras</li><li>• Golpe de calor</li><li>• Hiperixia</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inestabilidad circulatoria (síncope térmico)</li><li>• Déficit salino (fatiga, náuseas, vomito, vértigos)</li><li>• Afecciones cutáneas</li><li>• Deshidratación</li><li>• Anhidrosis</li></ul>

Fuente: Técnicas de prevención de riesgos laborales: Seguridad e higiene del trabajo (Cortés, 2007)

## Termorregulación del cuerpo humano

El cuerpo humano es un generador constante de calor. Una persona con un gasto energético al mínimo es decir sin hacer ningún trabajo, solo con mantener su organismo vivo, genera entre 65 y 80 vatios de calor, según su edad y superficie corporal, mientras que una bombilla eléctrica incandescente de 60 W emite aproximadamente 55 W de calor. (Mondelo, Torada, Castejón, Comas, & Bartolomé, 2013)

El ser humano produce la energía que requiera para mantener su cuerpo vivo y activo a partir de los alimentos y del oxígeno que a lo largo de las reacciones químicas se convierten en calor, de esta manera el 50% de la energía de los alimentos desde el inicio del proceso se transforma en calor y el otro 50% en trifosfato de adenosina (ATP), del cual la mayoría también se convierte en calor al formar parte de los sistemas metabólicos celulares, toda la energía de una forma u otra se transforma en calor dentro del organismo, excepto una fracción muy pequeña que lo hace a partir a partir del trabajo externo que realiza el hombre. (Mondelo, Torada, Castejón, Comas, & Bartolomé, 2013)

De acuerdo a estudios realizados, se indica que el Hipotálamo es el centro encargado de regular las temperaturas de todo el cuerpo humano siendo el sistema nervioso central el medio de información para identificar las variaciones de temperaturas. (Organización Internacional del Trabajo, 2012)

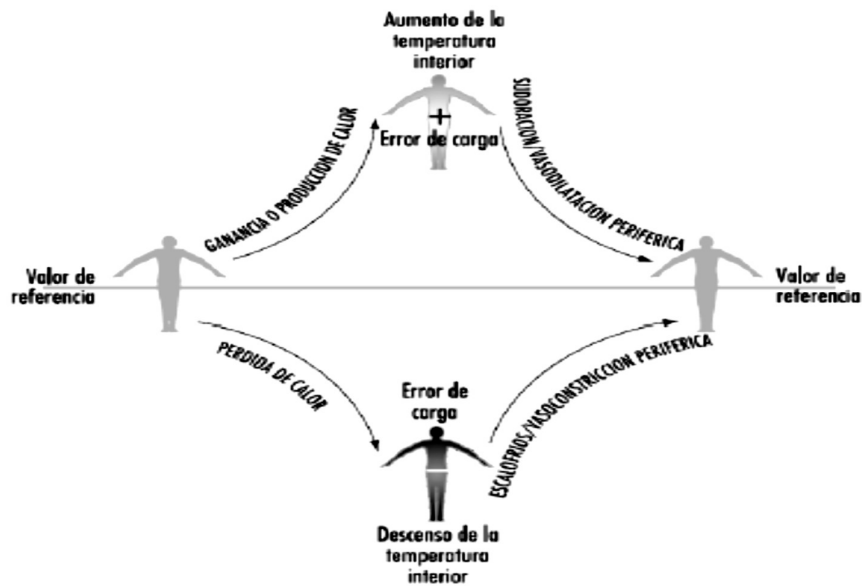
La generación continua de calor metabólico no siempre garantiza la temperatura interna mínima necesaria para la vida y para la realización de las actividades cuando las personas se encuentran expuestas a determinadas condiciones de frío, con lo cual las bajas temperaturas pueden llegar a constituir un peligro. No obstante, por lo general los ambientes de altas temperaturas son mucho más peligrosos que los fríos, pues normalmente resulta más fácil protegerse del frío que del calor. (Mondelo, et al., 2013)

### **Termorregulación fisiológica**

Cuando el cuerpo humano siente que varía la temperatura central (37 °C), sea por la influencia del medio ambiente, la fuerte actividad física o simplemente cuando la ropa impide la pérdida de calor, este reacciona con sus mecanismos propios de regulación, controlando así la temperatura corporal. (Vasco, 2011)

El exceso de calor interno en el cuerpo humano, obliga a perder calor y así evitar un desequilibrio térmico. Este efecto provoca que la circulación de la sangre se eleve lo que significa un aumento de la frecuencia cardíaca y la vasodilatación cutánea. Hay que considerar que la sudoración es el mecanismo de pérdida de calor más importante y esta aumenta su volumen en presencia de calor.

La aclimatación al calor permite trabajar con menor riesgo en ambiente cálido y esta aclimatación es específica ya que no es lo mismo un ambiente caluroso húmedo que otro caluroso seco. (Vasco, 2011)



**Figura 5. Modelo de regulación térmica del cuerpo humano**

**Fuente:** Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo (Organizacion Internacional del Trabajo, 2012)

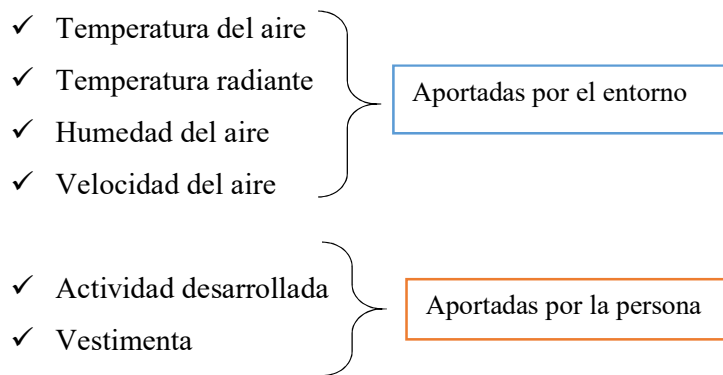
### **Termorregulación Comportamental**

Este tipo de mecanismo se refiere específicamente a las actitudes y comportamientos de la persona, es decir son comportamientos de naturaleza voluntaria que llevan a una mejor adaptación al calor. Actitudes como;

- Descansos.
- Esfuerzos musculares.
- Ubicarse en sitios con sombra, frescos o cálidos
- Usar ropa ligera en presencia de calor y lo contrario en presencia de frío.
- Ingesta regular de bebidas frescas.

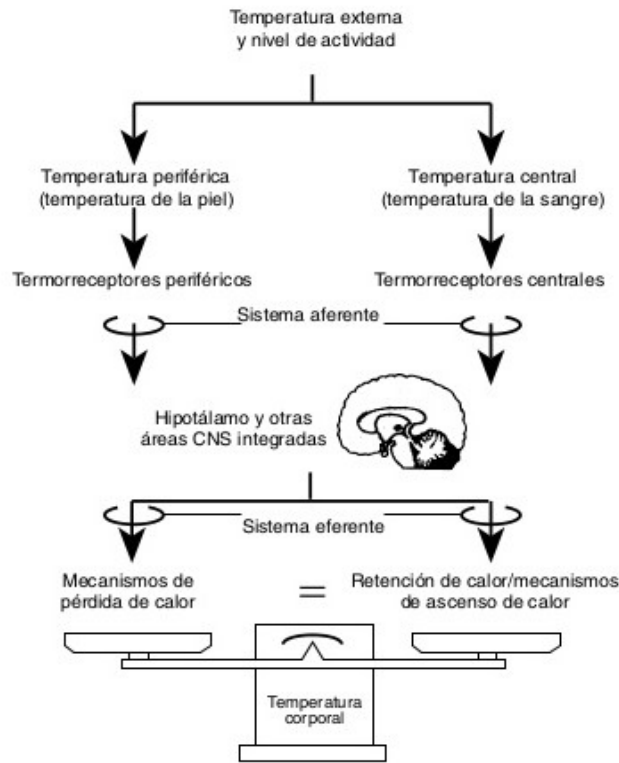
- Utilización de pantallas, toldos para evitar el calor radiante.
- Modificación de los horarios de trabajo: evitando trabajar al mediodía.
- Reducción de la actividad física (la productividad en verano es menor en todos los segmentos de la población).

Las variables que definen la interrelación entre la persona y el ambiente térmico son las siguientes:



Afortunadamente los mecanismos fisiológicos de la termorregulación son muy eficientes y en los casos en que las condiciones microclimáticas y la actividad metabólica no permitan un confortable balance térmico entre el cuerpo y el entorno, se puede desarrollar una tensión más o menos importante según la situación, con el fin de tratar de alcanzar un equilibrio térmico aceptable, aunque creando incomodidades, fatiga, disminución de la capacidad física y de la capacidad mental.

De no lograrse un equilibrio térmico aceptable o permisible, porque los mecanismos fisiológicos resultaron insuficientes para resolver el conflicto, la salud de la persona se afectaría al incrementarse o disminuir la temperatura corporal fuera de los límites del intervalo considerado normal.



**Figura 6. Sistema termoregulador según Grandjean**

**Fuente:** Confort y estrés térmico (Mondelo, Torada, Castejón, Comas, & Bartolomé, 2013)

### Intercambio térmico

El intercambio térmico se desarrolla entre el organismo y su entorno, este intercambio se realiza mediante las vías que se mencionan a continuación:

**Tabla 3. Vías de intercambio térmico**

<b>Convección:</b>	Se produce cuando la transferencia de calor se produce entre un cuerpo sólido y un fluido que puede ser líquido o gaseoso.
<b>Radiación:</b>	Se produce cuando la transferencia de calor se produce por el calor radiante de un cuerpo sólido a otro, el mismo que se transmite por un medio gaseoso.

<b>Conducción:</b>	Se produce cuando la transferencia de calor se transmite por dos o más cuerpos sólidos en contacto. El flujo de calor dependerá del material y características térmicas de los mismos.
--------------------	--

**Fuente:** Investigación y evaluación del riesgo térmico al que se encuentran expuestos los trabajadores del centro de operación, control y comunicaciones en el Aeropuerto Mariscal Sucre de Quito (Vasco, 2011)

### **Equilibrio térmico y Balance térmico**

La temperatura interna del cuerpo humano en condiciones normales es de aproximadamente 37,6 °C, dentro de un rango de 36 °C a 38 °C, sin embargo estos valores varían de acuerdo con las condiciones ya sean demasiado calurosas o demasiado frías.

La presencia de temperaturas extremadamente frías o calientes, no son favorables para la salud y mucho menos para trabajar ya que pueden ocasionar desde un malestar simple hasta la muerte en casos extremos. Estas condiciones se generan por la acumulación excesiva de calor en el cuerpo o una pérdida también excesiva de esta, por lo que se concluye que:

“Es necesario mantener un equilibrio térmico entre las ganancias de calor y las pérdidas de calor para que la temperatura central del cuerpo permanezcan constantes” (Vasco, 2011)

El cuerpo para mantener una temperatura normal de 37 °C, produce reacciones químicas de oxidación de la materia orgánica que constituye los alimentos, al interior del organismo. Este conjunto de reacciones químicas se denomina Metabolismo.

La producción interna de calor aumenta con el trabajo muscular, lo que quiere decir que durante el trabajo especialmente si este es intenso, puede ocurrir que la temperatura central supere los 37 °C. Por lo que es necesario que el cuerpo pierda el exceso de calor corporal, cediendo esta energía al ambiente. (Vasco, 2011)

Para que este proceso suceda, las condiciones ambientales que rodean al trabajador deben estar a menor temperatura (y/o humedad) o de otra forma si el ambiente es más caluroso el trabajador ganara calor de este.

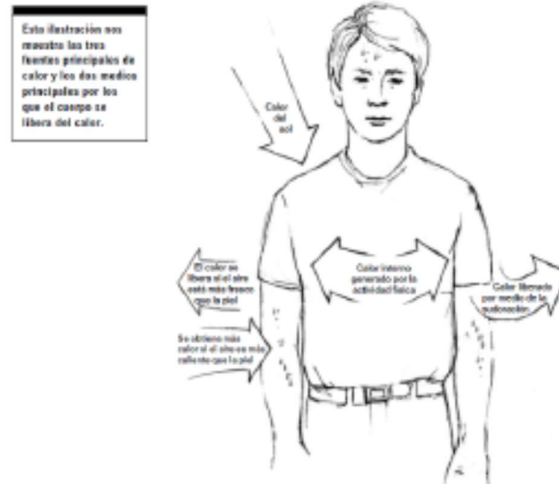
### **Sobrecarga por Calor**

La presencia de ambientes calurosos provoca que los mecanismos fisiológicos se activen, para adaptar el cuerpo humano a las condiciones que se presenten, estos mecanismos son los siguientes:

#### **Aumento de la Sudoración:**

Se debe considerar que la sudoración de por si no garantiza la evacuación del calor de la piel, sino la evaporación del sudor. Estas condiciones son dependientes de otros factores externos a la persona, como: La humedad del aire, calidad y tipo de ropa y de la velocidad del aire.

De esta misma forma se debe de considerar que el exceso de sudoración por largos periodos de tiempo, puede generar efectos negativos en la persona, ya que la sudoración implica la pérdida de agua y sales. (Mondelo, Torada, Castejón, Comas, & Bartolomé, 2013)



**Figura 7. Proceso de sudoración**

Fuente: Confort y estrés térmico (Mondelo, Torada, Castejón, Comas, & Bartolomé, 2013)

### **La frecuencia cardiaca y la temperatura interna**

Al elevarse la temperatura corporal, la frecuencia cardiaca aumenta, provocando que la persona presente malestares, desinterés por las actividades y hasta sed.

Es importante que la persona antes de iniciar sus actividades, este, se aclimate a las condiciones, paulatinamente. Es decir, someter al trabajador a la mitad de la carga física y la mitad de la carga térmica. A partir del siguiente día y durante unos días más se incrementan las cargas.

El tiempo necesario para la finalización de la aclimatación es del orden de 15 días, lo cual debe ser tenido en cuenta en la planificación de las tareas de los nuevos sujetos y en los primeros días de verano la pérdida de la aclimatación es muy rápida, ya que en tres o cuatro días ha perdido gran parte de su eficacia.

Se deben de considerar no aclimatados a aquellos trabajadores que retornan a un puesto de trabajo después de: vacaciones, baja laboral, cualquier motivo por el que no hayan trabajado durante varios días seguidos en el puesto considerado y exposición alternante.



## **Estrés Térmico**

No existe una manera clara de identificar los efectos de la exposición al calor o al frío, ya que algunos factores presentan una complejidad en la identificación y evaluación. En experimentos realizados las reacciones resultan ser variadas y completamente diferentes, esto puede depender de las diferencias fisiológicas entre las personas (Aclimatación, edad, aptitud física, sexo, constitución corporal, etc.)

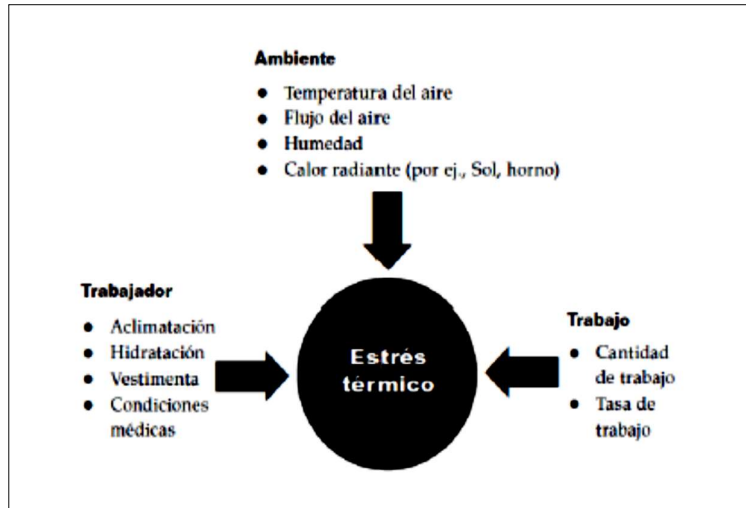
El estrés térmico por calor se da cuando la temperatura del cuerpo sobrepasa el nivel en que fluctúa la temperatura corporal (36 – 38 °c), el cuerpo reacciona para eliminar del exceso de calor. Sin embargo, si el cuerpo sigue recibiendo calor en una cantidad mayor a la que puede eliminar, la temperatura corporal aumenta y la persona sufre estrés térmico. Los problemas de salud derivados del estrés térmico son conocidos como trastornos causados por calor. Este tipo de trastornos ocurren más a menudo cuando se está realizando trabajo físico arduo en ambientes calurosos y húmedos y cuando el cuerpo, como consecuencia, pierde demasiado fluido y sal en el sudor.

Según se menciona en la enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo de la OIT, el estrés térmico se define como “El estrés por calor se produce cuando el entorno de una persona (temperatura del aire, temperatura radiante, humedad y velocidad del aire), su ropa y su actividad interactúan para producir una tendencia a que la temperatura corporal aumente" (Organización Internacional del Trabajo, 2012)

Mientras que las exposiciones fatales por frío se determinan Estrés por frío, las cuales se producen por exposiciones accidentales a ambientes con bajas temperaturas que no se pueden evitar. Este tipo de tensión se ve determinada por la capacidad de la persona expuesta a mantener eficientemente el equilibrio térmico. Una exposición prolongada a estos tipos de ambientes, provoca en sus primeras etapas un malestar general acompañado de una torpeza en los movimientos, pudiendo llegar hasta sentir dolor en las extremidades, como un aviso de peligro del estrés por frío.

Es necesario finalizar la exposición a estas condiciones cuando la temperatura corporal haya reducido hasta los 35 °C, ya que esta condición obliga a que el cuerpo empiece a

tiritar al máximo, lo que limita el trabajo mental y físico del trabajador. (Organización Internacional del Trabajo, 2012)



**Figura 8. Causas más importantes de estrés térmico**

**Fuente:** Investigación y evaluación del riesgo térmico al que se encuentran expuestos los trabajadores del centro de operación, control y comunicaciones en el Aeropuerto Mariscal Sucre de Quito (Vasco, 2011)

### 1.2.2 Marco legal

Es numerosa la normativa aplicable en materia de seguridad y prevención de riesgos laborales. Según su valor jerárquico, se clasifica de la siguiente manera:

- Tratados Internacionales
- Constitución
- Leyes
- Decretos
- Ordenanzas

**Tabla 4. Legislación aplicable en materia de riesgos**

LEGISLACION APLICABLE	Normatividad	FUENTE	AMBITO	FECHA EXPEDICION
Organización Internacional del Trabajo	Protocolo de 2002 relativo al Convenio sobre seguridad y salud de los trabajadores	OIT	Internacional	20 junio 2002
	Convenio 187 de la OIT sobre el marco promocional para la seguridad y salud en el trabajo	OIT		15 junio 2006
Instrumento Andino de Seguridad y Salud	Decisión 584 Comunidad Andina Naciones Cap. I: Disposiciones Generales. Cap. III: Gestión de la Seguridad y Salud en los Centros de Trabajo – Obligación de los Empleadores. Cap. IV: Derechos y obligaciones del trabajador	CAN	Internacional	25 junio 2003
Constitución Política de la República del Ecuador	Arts. 326 numeral 5 y 6. Art. 363 numeral 1	Decreto Legislativo 0, R.O. 449	Nacional	20 octubre 2008
Código del Trabajo	Arts. 38, 353, 410, 412, 416	Codificación 2005-017, R.O. 167	Nacional	16 diciembre 2005
Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo	Res. CD 390 del IESS	Resolución 741, R.O. 579	Nacional	10 diciembre 1990
Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Ambiente de Trabajo	Arts.11, 13, 53, 54, 185, 186, 187, 188.	Decreto Ejecutivo 2393 R.O 565	Nacional	17 noviembre 86
Reglamento del Sistema de Auditoría de Riesgos de Trabajo (SART)	Res. CD333: SART	Resolución Consejo Superior IESS 333, R.O. 319	Nacional	11 diciembre 2010

**Fuente:** Investigación.

La constitución establece claramente que los trabajadores tienen derecho a desarrollar sus actividades laborales en un ambiente laboral adecuado y confortable que garantice, su seguridad emocional, física, e intelectual para el óptimo desempeño de sus actividades. Es por eso la necesidad de implementar sistemas de seguridad industrial para prevenir riesgos de tipo físico, ergonómicos, etc.

A continuación se detallan los principales artículos referentes a seguridad y prevención de riesgos laborales:

**Tabla 5. Artículos seguridad y prevención riesgos laborales**

<p><b>Constitución de la República del Ecuador (2008)</b></p>
<p><b>Art. 326.-</b> El derecho al trabajo se sustenta en los siguientes principios:</p> <p>5. Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar.</p> <p><b>Art. 363.-</b> El Estado será responsable de:</p> <p>1. Formular políticas públicas que garanticen la promoción, prevención, curación, rehabilitación y atención integral en salud y fomentar prácticas saludables en los ámbitos familiar, laboral y comunitario.</p>
<p><b>Código de Trabajo (2015)</b></p>
<p><b>Art. 38.- Riesgos provenientes trabajo.-</b></p> <p>Los riesgos provenientes del trabajo son de cargo del empleador y cuando, a consecuencia de ellos, el trabajador sufre daño personal, estará en la obligación de indemnizarle de acuerdo con las disposiciones de este Código, siempre que tal beneficio no le sea concedido por el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.</p> <p><b>Art. 353.- Indemnizaciones a cargo del empleador.-</b></p> <p>El empleador está obligado a cubrir las indemnizaciones y prestaciones establecidas en este Título, en todo caso de accidente o enfermedad profesional, siempre que el trabajador no se</p>

hallare comprendido dentro del régimen del Seguro Social y protegido por éste, salvo los casos contemplados en el artículo siguiente.

**Art. 410.- Obligaciones respecto de la prevención de riesgos.**

Los empleadores están obligados a asegurar a sus trabajadores condiciones de trabajo que no presenten peligro para su salud o su vida.

Los trabajadores están obligados a acatar las medidas de prevención, seguridad e higiene determinadas en los reglamentos y facilitadas por el empleador. Su omisión constituye justa causa para la terminación del contrato de trabajo.

**Art. 412.- Preceptos para la prevención de riesgos.**

El Departamento de Seguridad e Higiene del Trabajo y los inspectores del trabajo exigirán a los propietarios de talleres o fábricas y de los demás medios de trabajo, el cumplimiento de las órdenes de las autoridades, y especialmente de los siguientes preceptos:

1. Los locales de trabajo, que tendrán iluminación y ventilación suficientes, se conservarán en estado de constante limpieza y al abrigo de toda emanación infecciosa;
2. Se ejercerá control técnico de las condiciones de humedad y atmosféricas de las salas de trabajo.
3. Se realizará revisión periódica de las maquinarias en los talleres, a fin de comprobar su buen funcionamiento;

**Art. 416.- Prohibición de limpieza de máquinas en marcha.**

Prohíbese la limpieza de máquinas en marcha. Al tratarse de otros mecanismos que ofrezcan peligro se adoptarán, en cada caso, los procedimientos o medios de protección que fueren necesarios.

**Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Ambiente de Trabajo (2015)**

**Art. 11. Obligaciones de los empleadores.-** Son obligaciones generales de los personeros de las entidades y empresas públicas y privadas, las siguientes:

2. Adoptar las medidas necesarias para la prevención de los riesgos que puedan afectar a la salud y al bienestar de los trabajadores en los lugares de trabajo de su responsabilidad.
9. Instruir sobre los riesgos de los diferentes puestos de trabajo y la forma y métodos para prevenirlos, al personal que ingresa a laborar en la empresa.

**Art. 13. Obligaciones de los trabajadores.**

1. Informar al empleador de las averías y riesgos que puedan ocasionar accidentes de trabajo. Si éste no adoptase las medidas pertinentes, comunicar a la Autoridad Laboral competente a fin de que adopte las medidas adecuadas y oportunas.

**Art. 53. Condiciones generales ambientales: ventilación, temperatura y humedad.**

1. En los locales de trabajo y sus anexos se procurará mantener, por medios naturales o artificiales, condiciones atmosféricas que aseguren un ambiente cómodo y saludable para los trabajadores.

**Art. 54. Calor**

1. En aquellos ambientes de trabajo donde por sus instalaciones o procesos se origine calor, se procurará evitar el superar los valores máximos establecidos en el numeral 5 del artículo anterior.
2. Cuando se superen dichos valores por el proceso tecnológico, o circunstancias ambientales, se recomienda uno de los métodos de protección según el caso: e) (Reformado por el Art. 29 del Decreto 4217) Se regularán los períodos de actividad, de conformidad al (TGBH), índice de temperatura de Globo y Bulbo Húmedo, cargas de trabajo (liviana, moderada, pesada).

### **Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo**

Art. 4. Se consideran agentes específicos que entrañan el riesgo de enfermedad profesional los siguientes:

I **Agentes físicos** 1. Ruido y ultrasonido. 5. Movimiento, vibración, fricción, trepidación y compresión continuos. 6. Temperatura alta o baja.

### 1.2.3 Caracterización de los procesos en la elaboración y empaque de cigarrillos

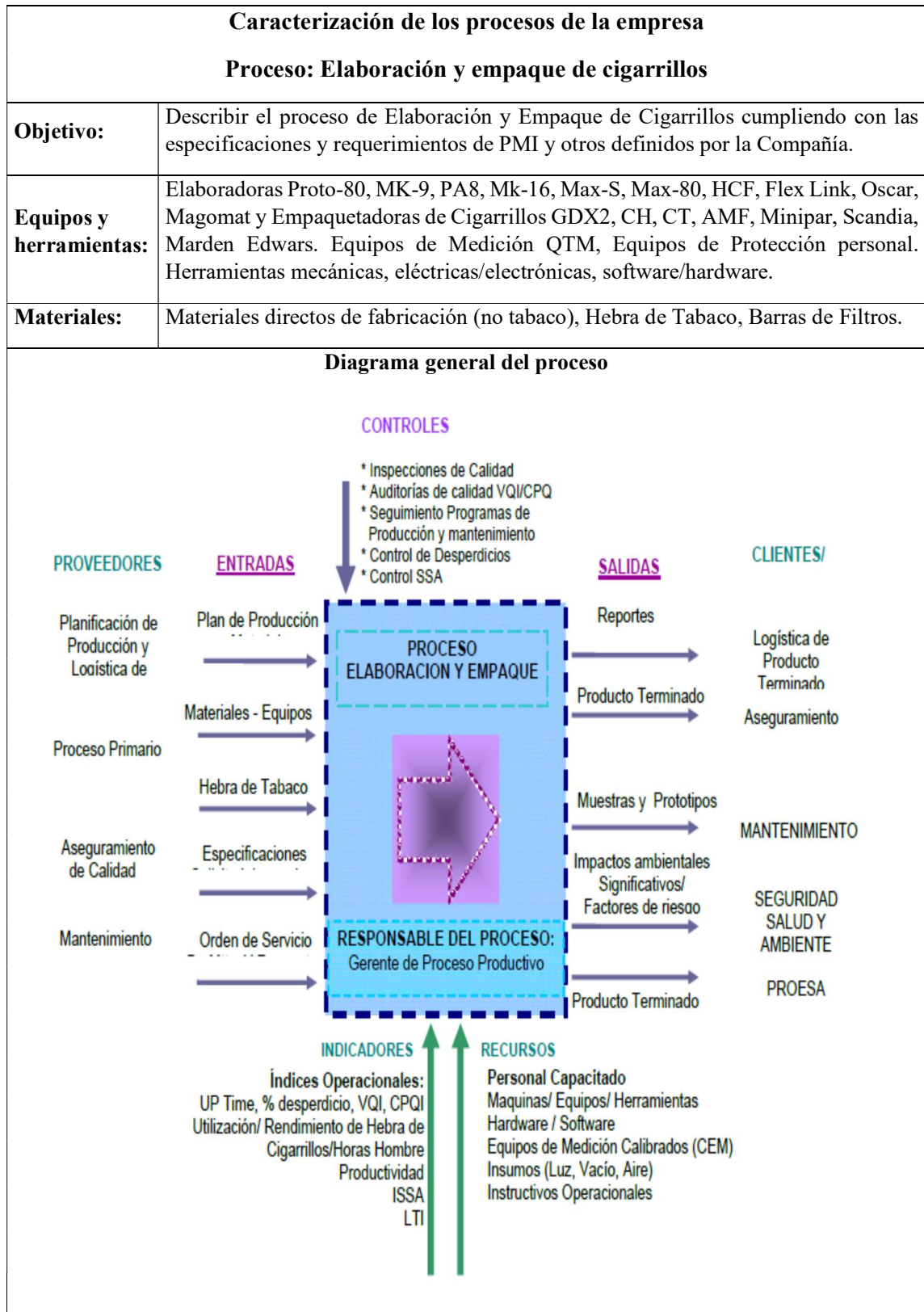
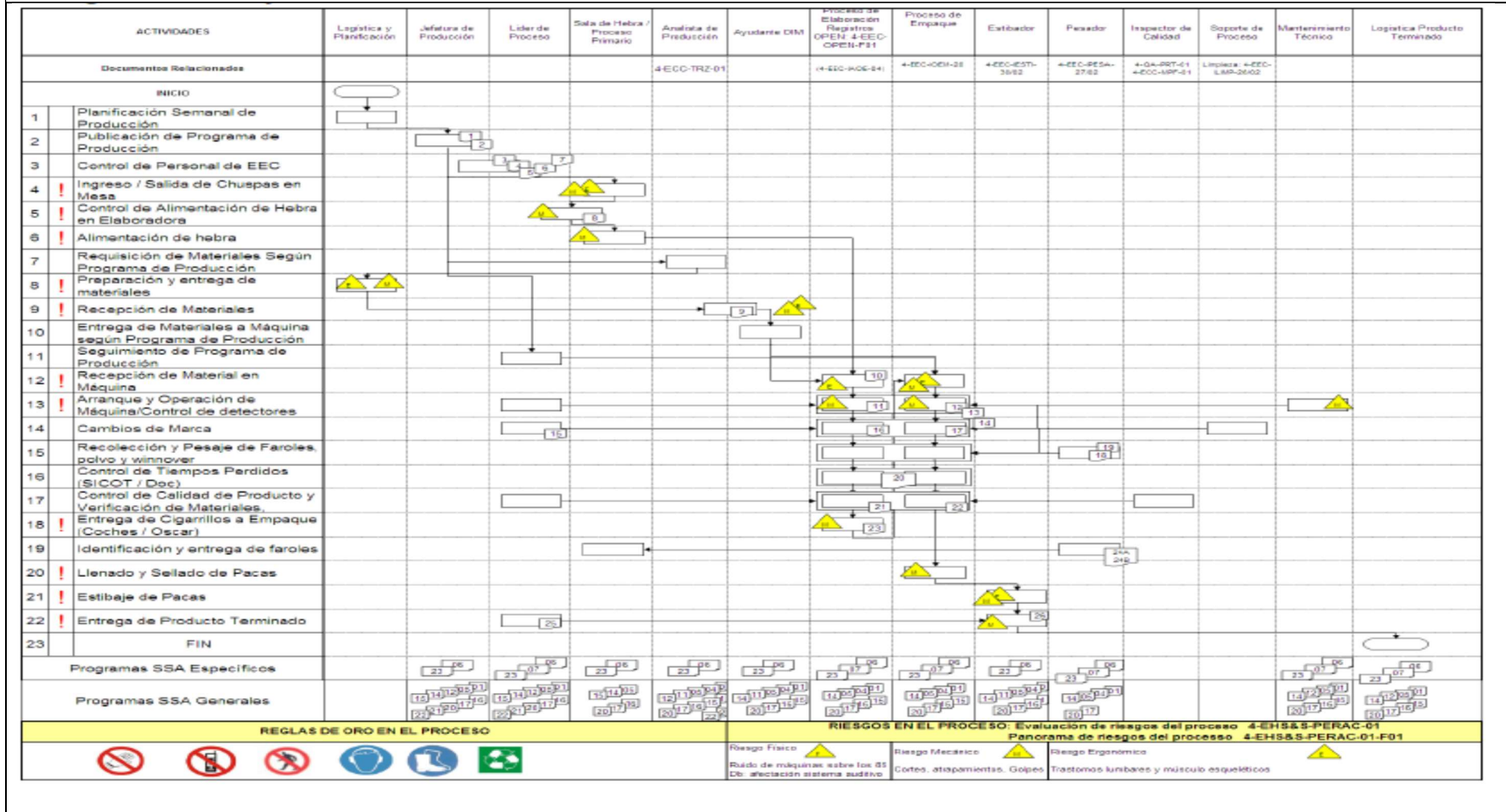


Figura 9. Diagrama de flujo del proceso





## **Control de Riesgos e Impactos ambientales del proceso**

La aplicación de los controles tiene por objetivo minimizar la probabilidad de las lesiones, daño a la salud del personal e impactos al ambiente. Los controles en este proceso son:

- \* Controles de ingeniería como instalación de guardas y micros de las máquinas, mantenimientos preventivos.
- \* Inspecciones periódicas de las guardas y micros, productos químicos, sistemas eléctricos, orden y limpieza.
- \* Capacitación al personal en uso de dispositivos de seguridad y protección de manos y audición.
- \* Señalización en mapas de riesgos, en el área y máquinas.
- \* Mediciones de ruido, polvo y controles médicos periódicos al personal (Medicina preventiva)
- \* Finalmente uso de EPI's obligatorios en área de exposición a ruido.

## **Recomendaciones y Cuidados de Operación**

- \* El personal no debe utilizar perfumes, cremas o cualquier tipo de maquillaje que pueda contaminar el producto.
- \* El personal debe cumplir los requerimientos de Seguridad, Salud y Ambiente dictados por la empresa.
- \* Los desechos sólidos de EEC y restos de muestras de inspección deben ser depositados en el área de "Clasificación de Desechos", que se encuentra en la parte exterior, frente a Proceso Secundario.
- \* Los desechos de adhesivo, se depositan dentro de un tanque, ubicado en el área de lavado de gomeros.

- \* Todas las hojas de seguridad (MSDS) de los productos químicos utilizados se encuentran disponibles en las computadoras y en copia dura en archivo de proceso y el personal ha sido capacitado.

## **CAPÍTULO II**

### **MÉTODOLOGIA**

#### **2.1 Metodología general**

##### **2.1.1 Nivel de estudio**

###### **Estudio correlacional**

De acuerdo a lo mencionado por Bernal (2006) una investigación se considera correlacional cuando “tiene como propósito mostrar o examinar la relación entre las variables o resultados de las variables”.

En el caso de la presente investigación se aplicará el estudio correlacional, entre la productividad laboral y el riesgo de factores térmicos. Para medir la productividad laboral se utilizará el indicador de cuantos cigarrillos se produce en un turno de ocho horas y posteriormente verificar si en los turnos de menor armado y empaquetamiento de cigarrillos existen condiciones de incremento de temperatura o humedad.

###### **Estudio descriptivo**

El estudio es descriptivo porque los objetivos buscan caracterizar los hechos relevantes de la investigación. Según Gómez (2012) “los estudio descriptivos buscan especificar las propiedades y aspectos importantes del fenómeno que se somete a análisis”. En el caso de la investigación pretende especificar el proceso de elaboración y empaque de cigarrillos, la temperatura del ambiente de trabajo y la productividad que se genera en este proceso.

##### **2.1.2 Modalidad de investigación**

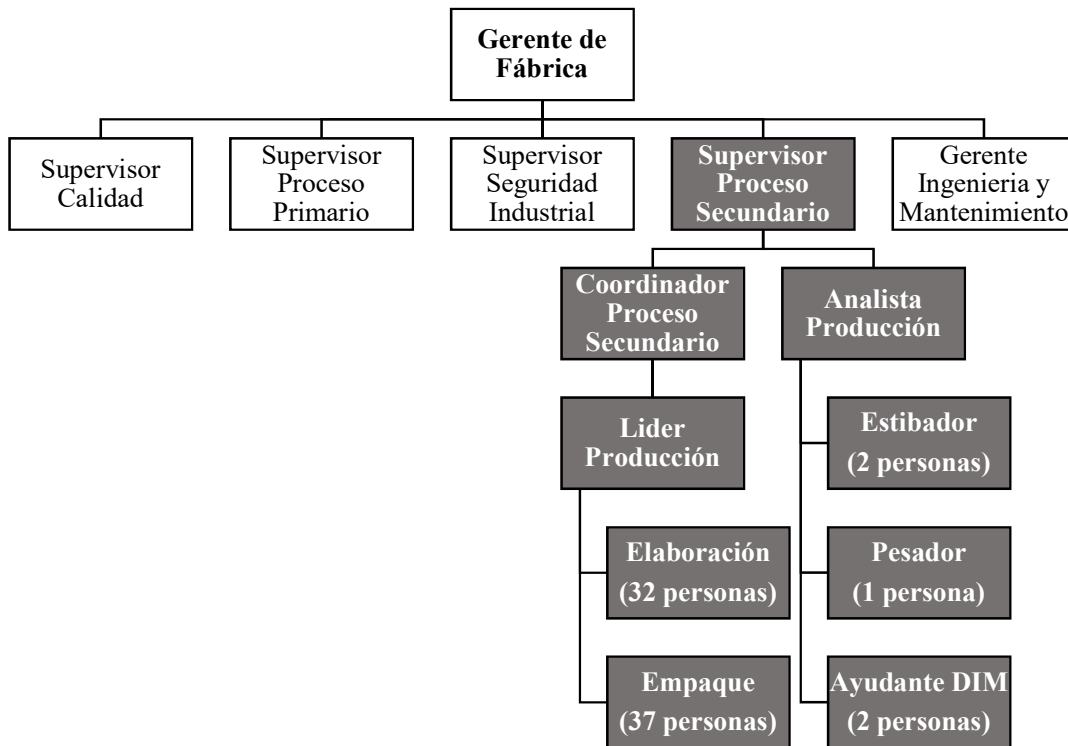
En base a esta información el diseño de la investigación corresponde a los siguientes casos:

- Investigación cuantitativa.- porque utiliza la recolección de datos por medio del registro, tabulación y análisis de variables obtenidos, posteriormente se procesa la información con el uso de herramientas estadísticas que permita encontrar explicaciones.
- Investigación cualitativa.- se emplea esta modalidad de investigación porque se estudia la dinámica en el proceso de elaboración y empaque de cigarrillos con la temperatura y analizar los resultados obtenidos en la productividad.
- Observacional.- ya que existe recolección de datos mediante la observación del proceso de elaboración y empaque de cigarrillos en los turnos de trabajo de la empresa investigada.

En resumen, la presente investigación tiene un diseño observacional, descriptivo correlacional.

### **2.1.3 Población y muestra**

La investigación se realizó en los trabajadores involucrados en el proceso de elaboración y empaquetamiento, el cual abarca 74 personas en tres turnos de ocho horas cada uno; empezando a las 06:00 – 14:00 primer turno, 14:00 – 22:00 segundo turno y 22:00 – 06:00 tercer turno. En la siguiente figura se puede apreciar la distribución administrativa del proceso de armado y empaque:



Fuente: Investigación.

Como se mencionó son 74 trabajadores que participan del proceso, siendo los trabajadores del proceso de elaboración 32 trabajadores y empaque 37 trabajadores (total 69 trabajadores), la investigación se concentra en este grupo de personas que constituyen el 93% del total de trabajadores involucrados. Es decir se excluyen de la investigación las 5 personas que tienen funciones de estibador, pesador y ayudante DIM.

El detalle de género, edad y antigüedad del personal mencionado está indicado en el Anexo 1 – Detalle de género, edad y antigüedad del personal.

El promedio de edad del grupo de trabajadores investigados es 35,9 años y antigüedad de 5,6 años; las trabajadoras de género femenino tienen una edad promedio menor de 24,5 años y su antigüedad de 4,5 años. La edad máxima de los trabajadores es 46 años y la mínima 23 años, en cuanto a la experiencia, el mayor tiempo que labora un trabajador del proceso es 12 años y el menor tiempo dos años. Esto determina, que tanto mujeres y hombres se encuentran entrenados para realizar sus funciones y están aclimatados al ambiente de temperatura.

En el caso de los criterios de inclusión para el estudio son que laboren en el proceso de elaboración y empaque; por otro lado los criterios de exclusión, se pueden dar por consideraciones de edad, inexperiencia del personal o no estar aclimatado a la temperatura del ambiente interno, pero como se mencionó en el análisis del tiempo de trabajo y edad de los trabajadores, no existen exclusiones por los factores establecidos.

#### **2.1.4 Selección de instrumentos de investigación**

En el presente estudio se utilizó la técnica de observación, cuyo instrumento es la guía de observación planteado específicamente en las personas que laboran en el mencionado proceso de armado y empaquetamiento para obtener los datos que permitan el cálculo de los índices WBGT y consumo metabólico mencionados en la NTP 322 con el fin de determinar el nivel del riesgo térmico.

#### **Índice WBGT**

Como lo menciona Castillo & Orozco (2010) “el índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) es utilizado para establecer la relación entre la temperatura globo negro y temperatura húmeda natural” (pág. 20). El cálculo del índice se basa en la Norma ISO 7243, la cual establece límites de acuerdo al metabolismo de los trabajadores y factores de aclimatación.

En la nota técnica NTP 322 (2012) del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España y el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, se detalla la forma de cálculo del índice WBGT, la cual menciona en la siguiente ecuación para el interior de edificaciones sin radiación solar:

$$\text{WBGT} = 0.7 \text{ THN} + 0.3 \text{ TG}$$

**Fuente:** (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España, 2008)

Siendo la THN la temperatura húmeda natural medida en un sensor de temperatura recubierta de un tejido húmedo y ventilada de forma natural; y TG la temperatura globo medida en un sensor colocado en el centro de una esfera.

La medición de temperatura húmeda natural (THN) y temperatura de globo (TG) realizará a lo largo de la jornada laboral, para lo cual se utilizarán los siguientes instrumentos de medición, los mismos que cumplen las características solicitadas en la NTP 322.



**Figura 10. Equipo de medición Temperatura húmeda natural y de Globo**

**Fuente:** Investigación.

Este instrumento se coloca en el sitio de muestreo, toma datos cada 4 minutos y se descarga la información de manera semanal en un archivo plano de Excel, el mismo que se muestra a continuación.

SECUNDARIO				
TEMP. HUMEDA NATYRAL Y TEMP. GLOBO				
05/10/2015 7:18:00 TO 13/10/2015 10:08:00				
No.	Date	Time	CH1 (THN)	CH2 (TG)
1	05/10/2015	7:18:00	28,15	25,16
2	05/10/2015	7:22:00	28,1	25,15
3	05/10/2015	7:26:00	28,15	25,14
4	05/10/2015	7:30:00	28,2	25,15
5	05/10/2015	7:34:00	28,15	25,05

**Figura 11. Archivo de descarga de datos de equipo**

**Fuente:** Investigación

Adicional a este equipo, también se realizó un doble chequeo de los datos utilizando un hidrotérmo grafo marca OMEGA modelo M4098, el mismo que arroja datos de temperatura de globo, humedad relativa y temperatura húmeda natural en un archivo plano en formato Excel cada 4 minutos, los mismos que fueron utilizados para verificar los resultados del presente trabajo.



**Figura 12. Hidrotérmo grafo Omega M4098**

**Fuente:** Investigación

Este instrumento se coloca en el sitio de muestreo, toma datos cada 4 minutos y se descarga la información de manera semanal en un archivo plano de Excel, el mismo que se muestra a continuación.

SECUNDARIO						
TEMP. HUMEDA NATYRAL Y TEMP. GLOBO						
05/10/2015 7:18:00 TO 13/10/2015 10:08:00						
No.	Date	Time	CH1 (THN)	CH2 (TG)	CH3 (HR)	
1	05/10/2015	7:18:00	28,12	25,12	57,35	
2	05/10/2015	7:22:00	28,1	25,16	57,35	
3	05/10/2015	7:26:00	28,14	25,15	57,45	
4	05/10/2015	7:30:00	28,11	25,15	57,43	
5	05/10/2015	7:34:00	28,2	25,08	57,44	

**Figura 13. Archivo de descarga datos equipo**

**Fuente:** Investigación



Adicional, los equipos antes mencionados están dentro de un programa de calibración y verificación de datos, los mismos que se indican en la figura de abajo.

CALIBRADORES MASTER (MRC)																
Fecha Calib.Certif.	Código	VALOR		Unidad	Mediciones					Prom.	Diferencia MRC vs MR	INCERTIDUMBRE				
		Teórico			1	2	3	4	5			U.med.	U.Cert.	U.Equip.	U.Comb.	OK
16/04/2013	HC2-S-HR	60	± 3	% HR	60,1	59,9	59,9	59,8	60	59,94		0,050990	0,066025	0,028868	0,068005	✓
TERMOHIGRÓGRAFO #2	TGH#2 - 14107883	60	± 3	% HR	60	61	61	60	61	60,60	-0,7	0,244949				
18/04/2013	HC2-S-T	22	± 1	°C	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2	22,20		0,000000	0,115470	0,028868	0,119024	✓
TERMOHIGRÓGRAFO #2	TGH#2 - 14107883	22	± 1	°C	22,3	22,3	22,2	22,3	22,2	22,28	-0,1	0,024495				

**Figura 14. Hoja de calibración de equipos**

**Fuente:** Investigación.

### Consumo metabólico

Posterior al cálculo del índice WBGT, se relacionará el consumo metabólico del trabajador medido por kilocalorías hora, de acuerdo a la Norma ISO 7243.

“La cantidad de calor producido por el organismo por unidad de tiempo es una variable que es necesario conocer para la valoración del estrés térmico. Para estimarla se puede utilizar el dato del consumo metabólico” (Luna, 2012).

El consumo metabólico es la energía generada por el organismo por unidad de tiempo, como consecuencia de la tarea que desarrolla el trabajador. De acuerdo a Castillo & Orozco (2010) el consumo metabólico es “el costo energético de la carga muscular asociada a la conversión de azúcares y grasas en energía mecánica y térmica, dando lugar a un índice numérico de la actividad”.

Nogareda (2009) menciona que el “costo energético se expresa en unidades de energía y potencia”, siendo las más usadas, kilocalorías (kcal), joules (J) y watos (w). Existen varios métodos para calcular el consumo metabólico, puede medirse a través del consumo

de oxígeno, este método suele ser complicado de ejecutar, por lo que, se estipula el uso de tablas, la más usada en la investigación de riesgos de trabajo es la establecida por la norma ISO8996 emitida en el año 2004. Esta tabla es la siguiente:

**Tabla 6. Estimación del consumo metabólico**

<b>Posición y movimiento del cuerpo</b>		<b>Kcal/min</b>	
Sentado		0,3	
De pie		0,6	
Andando		2,0 – 3,0	
<b>Tipo de trabajo</b>		<b>Promedio kcal/min</b>	<b>Margen kcal/min</b>
<b>Trabajo con la manos</b>	Ligero	0,4	0,2 – 1,2
	Intenso	0,9	
<b>Trabajo con un brazo</b>	Ligero	1,0	0,7 – 2,5
	Intenso	1,7	
<b>Trabajo con los dos brazos</b>	Ligero	1,5	1,0 – 3,5
	Intenso	2,5	
<b>Trabajo con el tronco</b>	Ligero	3,5	2,5 – 15,0
	Moderado	5,0	
	Intenso	7,0	
	Muy Intenso	9,0	
<b>Trabajo con el cuerpo</b>	Ligero	3,5	2,5 – 15,0
	Moderado	5,0	
	Intenso	7,0	
	Muy Intenso	9,0	

**Fuente:** ISO 8996:2004

Para hacer uso de esta tabla indicada en la ISO 8996, es necesario caracterizar las tareas de los trabajadores por funciones y tiempo necesario para ejecutarlo en un turno de trabajo, para ello se utilizará la tabla indicada abajo

**Tabla 7. Descripción de actividades/tiempo de trabajadores**

Descripción de actividades	Ayudante DIM	Elaboración	Empaque	Estibador	Tiempo (min)
Recepción de materiales	SI	SI	SI		35
Entrega materiales a maquina	SI	SI	SI		15
Recepción material a maquina		SI	SI		20
Arranque y operación maquina		SI	SI		30

**Fuente:** Investigación.

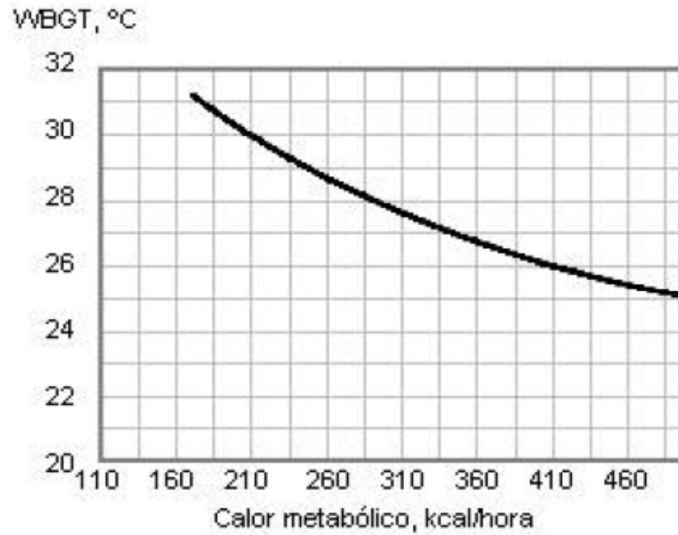
Con esta información se podrá determinar el consumo metabólico de los trabajadores en una jornada de trabajo en Kcal/hora.

Posterior, al cálculo del consumo metabólico se comparará con los límites del índice WBGT, para lo cual se utiliza la curva de valores límites de referencia según la norma ISO7243, la cual distingue la persona aclimatada y persona no aclimatada. Con esta información se determinará si existe riesgo térmico, esto sucede si el valor obtenido por el índice WBGT supera al valor indicado en la norma ISO7243.

**Tabla 8. Valores límite de referencia Índice WBGT**

Consumo metabólico kcal/hora	Índice WBGT límite ° C	
	Persona aclimatada	Persona no aclimatada
Menor o igual a 100	33	32
Entre 100 y 200	30	29
Entre 200 y 310	28	26
Entre 310 y 400	25	22
Mayor a 400	23	18

**Fuente:** ISO 7243



**Figura 15. Valores límites del índice WBGT**

**Fuente:** ISO 7243

Con la información desplegada en la tabla anterior se determina si existe riesgo térmico, esto sucede si el valor obtenido del índice WBGT supera el límite del índice anterior. Es importante mencionar que el consumo metabólico puede ser afectado por la pérdida térmica por transpiración. Es por ello, que se debe tomar en cuenta el índice de aislamiento térmico denominado como Clo, que según Castillo & Orozco (2010) “indica el nivel de aislamiento térmico de la vestimenta empleada en el desarrollo de una tarea”.

La Norma ISO 9920 permite determinar el aislamiento térmico y la resistencia a la evaporación de agua del conjunto de vestimenta del individuo, según la siguiente tabla de factores de corrección del índice WBGT:

**Tabla 9. Factores de corrección del Índice WBGT por vestuario**

Vestuario	Valor de Clo **	Corrección WBGT
Uniforme de trabajo de verano	6	0
Conjunto de algodón	10	2
Uniforme de trabajo de invierno	14	4
Uniforme aislante permanente	12	6

**\*\* Clo: es una unidad de aislamiento térmico de la vestimenta. 1 Clo = 5,55 Kcal/m<sup>2</sup>/H de intercambio de calor por radiación y convección para cada ° C de diferencia de temperatura entre la piel y la temperatura seca ajustada.**

**Fuente:** ISO 9920

Para el caso de la investigación, el vestuario empleado por los trabajadores del proceso de armado y empaque, corresponde a uniforme de trabajo de verano, esto significa que no es necesario corregir el índice WBGT calculado.

### **Medidas de correlación entre variables**

Una medida para determinar la correlación entre dos variables es el análisis de correlación, de acuerdo a Kazmier (2010) “el análisis de correlación mide el grado de relación entre las variables, este es el caso del análisis de correlación simple, el cual se ocupa de medir la relación entre una variable independiente y la variable dependiente” (pág. 252).

Para el caso de la investigación, se asume como variable independiente la medida de temperatura determinada por el índice WBGT y variable dependiente la productividad en el proceso de producción y empaque de cigarrillos, medido por el Uptime de producción.

Los supuestos bajo los que trabaja el análisis de correlación simple son los siguientes:

- 1) La relación entre las dos variables es lineal
- 2) Ambas variables son aleatorias
- 3) Los valores observados de cada variable son independientes de los demás valores observados de esa variable

Existen dos estadígrafos para analizar la correlación entre variables, el coeficiente de determinación y el coeficiente de correlación, este último, es el estadígrafo de mayor uso para analizar los datos, ya que permite realizar pruebas estadísticas de hipótesis.

El valor de coeficiente de correlación, representado por la letra  $r$ , puede tomar valores entre  $-1.00$  a  $+1.00$ , el signo representa la asociación en la pendiente de regresión lineal,

si es negativo es una relación inversa y si es positivo es una relación directa, presentado los siguientes casos:

Si  $r > 0$ , la correlación lineal es positiva. La correlación será mayor mientras más se aproxime a 1.

Si  $r < 0$ , la correlación lineal es negativa. La correlación negativa es tanto más fuerte cuanto más se aproxime a -1.

Si  $r = 0$ , no existe correlación lineal entre las variables.

La fórmula utilizada para calcular el coeficiente r, es la siguiente:

$$r = \frac{\frac{\sum x_i y_i}{n} - \bar{x} \bar{y}}{\sqrt{\left(\frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2\right) \left(\frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2\right)}}$$

El numerador corresponde a la covarianza, la cual se calcula multiplicando en cada par de valores x, y menos su correspondiente media. Se suma al valor obtenido y se divide para el número de la muestra.

El denominador es el producto de las varianzas de x, y, a este producto se calcula la raíz cuadrada.

### **Rendimiento productivo del personal**

En la empresa a ser investigada la productividad del proceso de elaboración y empaque de cigarrillos, corresponde al valor conocido como Uptime, este es un índice que se utiliza la marca multinacional en todas sus instalaciones a nivel mundial, el cual se rige por los siguientes condicionamientos:

**Definición:**

Uptime es la medida de la actuación de fabricación global de una determinada pieza de equipo o grupo de equipos, expresado como una proporción de volumen de producción real sobre el teórico.

El volumen de producción del equipo fue diseñado para producir por un período de tiempo definido.

**Formula:**

$$\text{Uptime } [\%] = \frac{\text{Finished Goods Production Volume [cig]}}{\text{Design Speed [cig per min]} \times \text{Working Time [min]}} \times 100$$

For aggregation by machines/ period / product (format, inserts, etc), the following formula must be used:

$$\text{Uptime } [\%] = \frac{\sum \text{Finished Goods Production Volume [cig]}}{\sum (\text{Design Speed [cig per min]} \times \text{Working Time [min]})} \times 100$$

**Figura 16. Fórmula de cálculo Uptime**

**Fuente:** Investigación.

Donde:

- La velocidad de diseño es la velocidad especificada por el fabricante de equipos originales en cigarrillos (OEM), por equipos para el producto específico (formato / tamaño / especificación) y validada por Ingeniería PMI.
- Tiempo de trabajo: son los minutos que la máquina está disponible para producción.
- Volumen de producción de producto terminado: Son los cigarrillos producidos en la máquina en el turno de trabajo.

**2.1.5 Recolección y procesamiento de datos**

La recolección de información se desarrolló durante el periodo de tiempo comprendido entre enero del año 2014 y noviembre del 2015. La caracterización de la organización

permite estudiar a los grupos de trabajo del área de elaboración y empaque según los turnos de trabajo, los cuales se desarrollan en 24 horas, como se mencionó anteriormente.

El grupo de trabajo de los tres turnos se encuentra aclimatados a la temperatura de la ciudad de Quito, ya que viven en la ciudad al menos en los últimos cinco años. Para la estimación de la carga de trabajo pertinente al cálculo del consumo metabólico se llevó a cabo una guía de observación durante varios días, lo que permitió tener una idea global del tipo de trabajo que se desarrolla de acuerdo a las cargas y tiempo de trabajo en cada actividad.

Para determinar el aislamiento térmico se observó el tipo de prendas que utilizan los trabajadores en el desempeño de sus actividades, esta corresponde a un uniforme conformado por ropa liviana que permita flexibilidad y seguridad en la ejecución del levantamiento y transporte de pesos y cargas.

Las etapas que se cumplieron para la recolección de datos es la siguiente:

- 1) Medición de los datos de temperatura
- 2) Cálculo del Índice WBGT
- 3) Corrección del Índice según aislación térmica
- 4) Cálculo del consumo metabólico
- 5) Determinación del riesgo térmico
- 6) Exposición de los resultados de productividad
- 7) Asociación de los resultados de productividad con el índice WBGT
- 8) Cálculo del Índice de Correlación entre variables de estudio
- 9) Cálculo de la prueba de hipótesis

Para el procesamiento de datos se utilizará herramientas estadísticas para verificar el cumplimiento de los objetivos de la investigación, por lo que, se cumplirá con el siguiente proceso:

- Recopilación de la información
- Ordenamiento y proceso de la información con el uso de herramientas tecnológicas



- Generación de resultados y gráficos
- Análisis de la información generada

### **2.1.6 Técnicas e instrumentos de validación**

La técnica de validación hace referencia a la exactitud y consistencia de los resultados obtenidos con la aplicación de los instrumentos de investigación, por lo que, los datos que son necesarios para la investigación se los obtuvo de fuentes primarias. De esta manera se valida su veracidad y minimiza el riesgo de obtener información que no sea relevante o que incide en los resultados que se pretende obtener de la investigación de campo. La validación del índice WBGT que se emplea en la investigación se realiza en las Notas Técnicas del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España NTTP 322.

## CAPÍTULO III

### ANÁLISIS Y RESULTADOS

#### 3.1 Medición de los datos de temperatura

Los datos de temperatura fueron tomados por los termómetros globo y temperatura húmeda natural, antes de presentar los datos es importante exponer la información de calibración de los equipos de medición.

La calibración de los equipos de medición forma parte del procedimiento de trazabilidad y verificación bajo la norma ISO9001, el cual debe ser calibrado en un periodo de tiempo anual. En el caso de los equipos empleados, la última calibración fue realizada en el mes de julio de 2015.

La información de calibración es la siguiente:

CALIBRADORES MASTER (MRC)																
Fecha Calib.Certif.	Código	VALOR		Unidad	Mediciones					Prom.	Diferencia MRC vs MR	INCERTIDUMBRE				
		Tedrico			1	2	3	4	5			U med.	U. Cert.	U. Equip.	U. Comb.	OK
18/04/2013	HC2-S-HR	60	± 3	% HR	60,1	59,9	59,9	59,8	60	59,94		0,050990	0,866025	0,028868	0,868005	✓
TERMIGRÓGRAFO #2	TGH#2 - 14107883	60	± 3	% HR	60	61	61	60	61	60,60	-0,7	0,244949				
18/04/2013	HC2-S-T	22	± 1	°C	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2	22,20		0,000000	0,115470	0,028868	0,119024	✓
TERMIGRÓGRAFO #2	TGH#2 - 14107883	22	± 1	°C	22,3	22,3	22,2	22,3	22,2	22,26	-0,1	0,024495				

**Figura 17. Información de calibración**

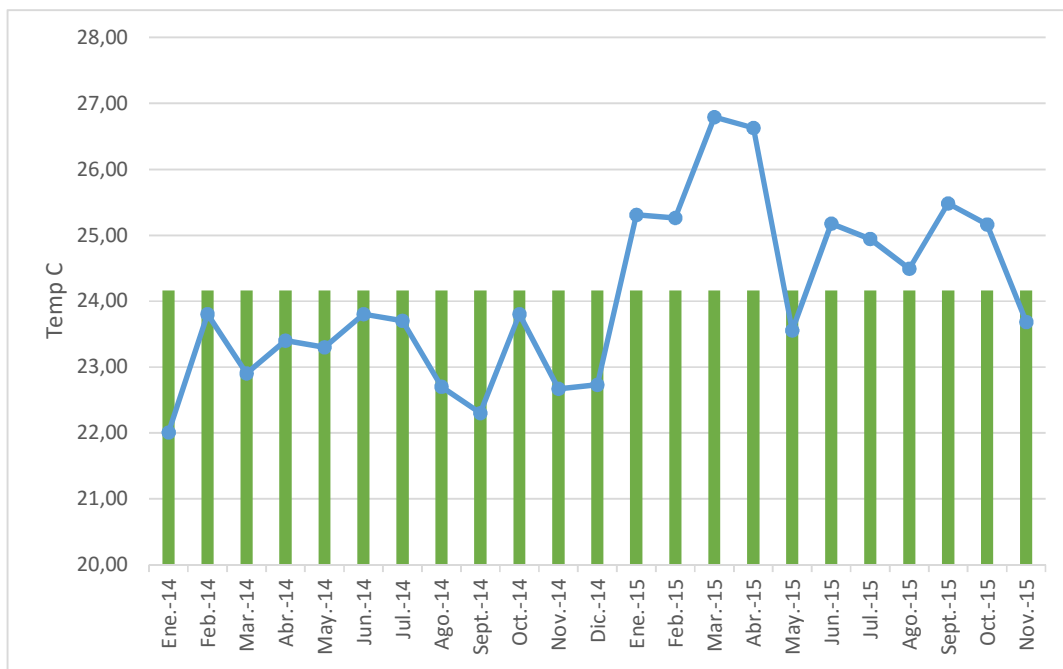
**Fuente:** Investigación.

Esta información determina que los equipos de medición se encuentran calibrados y dentro los márgenes de error aceptables, esto es 0,7% para humedad relativa y 0,1° C para temperatura.

Los datos de temperatura global y temperatura húmeda natural se midieron diariamente, con intervalos de dos horas. Los datos obtenidos son los siguientes se muestran en el Anexo 2 – Temperatura global y temperatura húmeda natural

La temperatura promedio global y húmeda natural son 24,16° C y 27,42°C, en todos los casos la temperatura húmeda natural es superior a la global, por el hecho de la humedad natural del ambiente, mientras mayor es la humedad mayor es la sensación térmica. Se calcula la desviación estándar como una medida de dispersión de los datos.

En el siguiente gráfico se analiza la relación entre la temperatura global y su valor promedio:

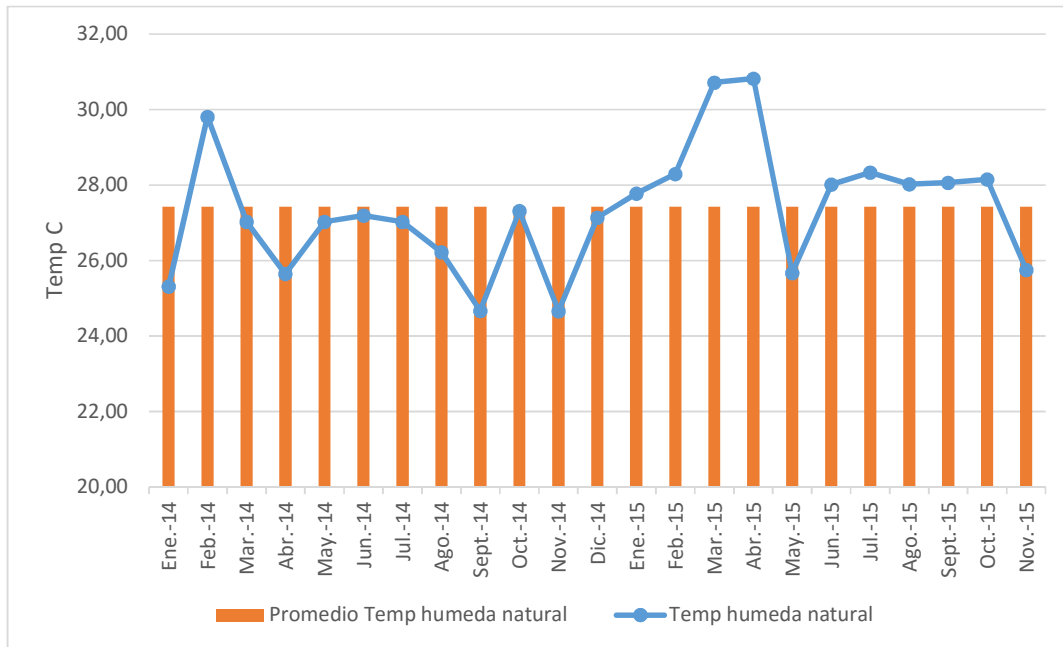


**Figura 18. Temperatura global**

**Fuente:** Investigación.

Al comparar la temperatura global con su promedio, se determina que existe un periodo de tiempo de mayor temperatura entre los meses de enero - abril y junio – octubre del año 2015. El resto de meses la temperatura estuvo bajo el promedio.

De igual manera, en el siguiente gráfico se analiza la relación entre la temperatura húmeda natural y su valor promedio:

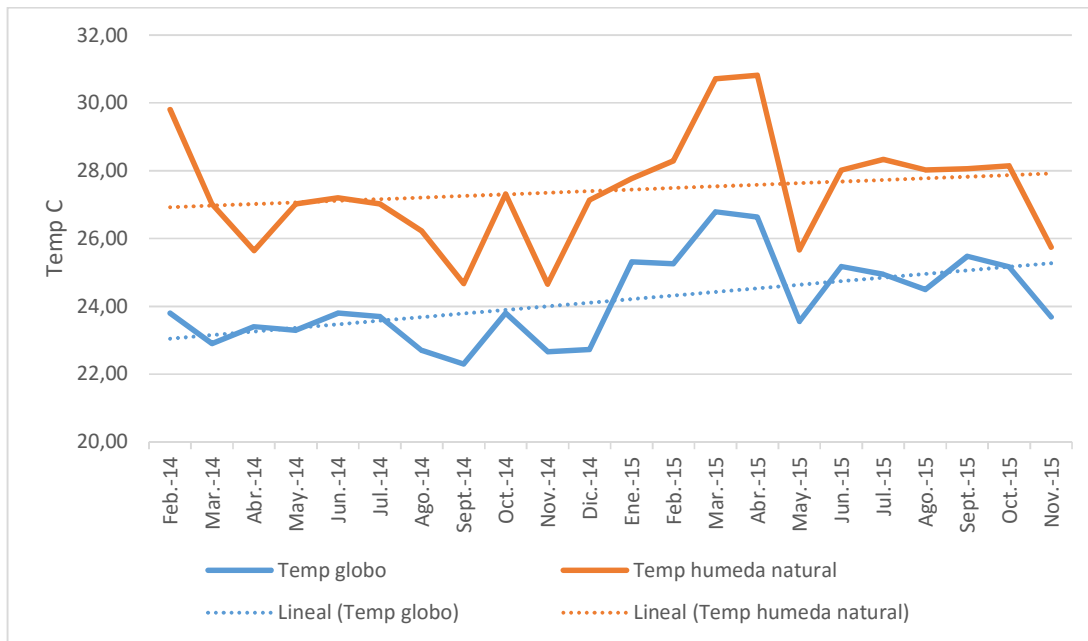


**Figura 19. Temperatura húmeda natural**

**Fuente:** Investigación.

Al igual que en la temperatura global, existen picos de temperatura en los meses de enero – abril y junio – octubre del año 2015, en este caso existe un pico de temperatura en el mes de febrero 2014, que se debe al aumento de la humedad en el mes mencionado.

En el siguiente gráfico se compara la temperatura global y la temperatura húmeda natural, para determinar cuál de las mediciones tiene mayor incremento en el período de tiempo analizado:



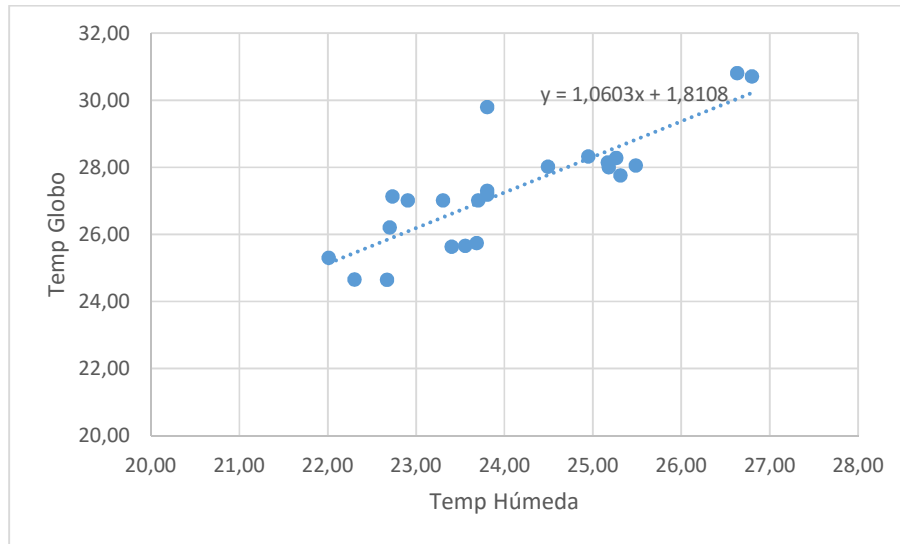
**Figura 20. Temperatura globo y húmeda natural**

**Fuente:** Investigación.

El gráfico muestra que existe una tendencia incremental, tanto de la temperatura globo y la temperatura húmeda natural. De acuerdo a las ecuaciones de regresión mostradas en el gráfico, la temperatura globo tiene una mayor tendencia, dado por el valor de la pendiente de la ecuación de 0,0035, que es mayor a la pendiente de la ecuación de la temperatura húmeda natural de 0,0016. Esto indica, que existe un incremento sostenido en la temperatura del sitio de trabajo donde se desarrolla el proceso de elaboración y empaque de cigarrillos.

Es importante analizar el coeficiente de correlación que existe entre la temperatura globo y humedad natural, para lo cual se emplea la fórmula del coeficiente de correlación. Donde el valor obtenido del coeficiente de correlación es de 0,8345, lo que indica que existe una fuerte correlación entre la temperatura globo y temperatura húmeda natural.

El siguiente gráfico de dispersión muestra la correlación directa positiva y la ecuación indica la tendencia de crecimiento al comparar los datos de cada medición entre ellos, con una pendiente de 1,0603.



**Figura 21. Dispersión entre temperatura globo y húmeda natural**

**Fuente:** Investigación.

La primera conclusión al analizar estos datos de temperatura que existe un crecimiento sostenido de la temperatura y que los valores obtenidos se encuentran altamente correlacionados de forma positiva.

El detalle de la temperatura global y temperatura húmeda natural por turno de trabajo es el siguiente, considerando que el turno 1 tiene su duración entre las 06:00 – 14:00, turno 2 14:00 – 22:00 y turno 3 22:00 – 06:00. Esta información está indicada en el Anexo 3 – Temperatura global y temperatura húmeda natural por turno de trabajo.

El turno 2 tiene mayor promedio de temperatura, tanto en el caso de la temperatura global y húmeda natural; por el contrario el turno 3, que comprende la noche y madrugada, es el que presenta menor temperatura.

### 3.2 Cálculo del Índice WBGT

Para calcular el Índice WBGT se debe aplicar la fórmula establecida en la NTP 332, la cual indica lo siguiente:

$$\mathbf{WBGT = 0.7 THN + 0.3 TG}$$

Se aplica esta fórmula en los datos obtenidos como se puede observar en los Anexos 4 – Temperatura globo por factor índice WBGT y Anexo 5 – Temperatura húmeda natural por factor índice WBGT.

Con los datos obtenidos de temperatura globo y temperatura húmeda natural multiplicada por el factor, se aplica la fórmula:

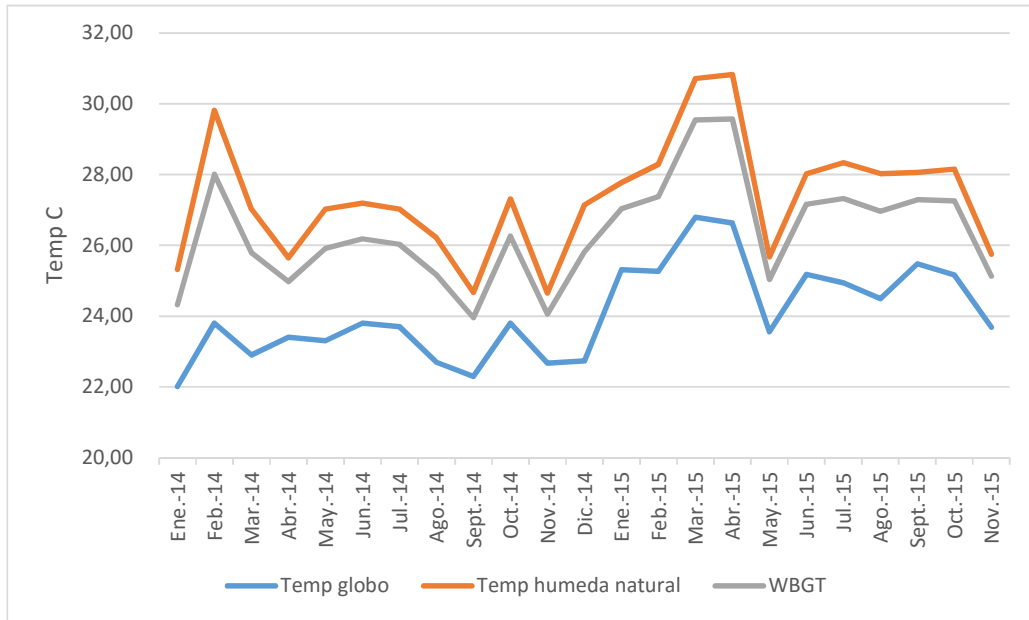
$$\text{WBGT} = 0.7 \text{ THN} + 0.3 \text{ TG}$$

**Tabla 10. Temperatura índice WBGT**

Meses	Temperatura Global * 0,3	Temperatura Húmeda Natural * 0,7	WBGT
ene-14	6,60	17,72	24,32
feb-14	7,14	20,87	28,01
mar-14	6,87	18,92	25,79
abr-14	7,02	17,95	24,97
may-14	6,99	18,92	25,91
jun-14	7,14	19,04	26,18
jul-14	7,11	18,92	26,03
ago-14	6,81	18,35	25,16
sep-14	6,69	17,27	23,96
oct-14	7,14	19,12	26,26
nov-14	6,80	17,26	24,06
dic-14	6,82	19,00	25,82
ene-15	7,59	19,44	27,03
feb-15	7,58	19,80	27,38
mar-15	8,04	21,50	29,54
abr-15	7,99	21,57	29,56
may-15	7,07	17,97	25,03
jun-15	7,55	19,61	27,16
jul-15	7,48	19,84	27,32
ago-15	7,35	19,62	26,96
sep-15	7,64	19,64	27,29
oct-15	7,55	19,71	27,26
nov-15	7,10	18,02	25,13

**Fuente:** Investigación.

El siguiente gráfico muestra la relación entre las temperaturas obtenidas, tanto a nivel de instrumentos de medición como son temperatura globo y temperatura húmeda natural; y la temperatura como resultado del cálculo del índice WBGT.



**Figura 22. Comparativo temperaturas**

**Fuente:** Investigación.

La correlación entre la temperatura globo y húmeda natural se comprobó anteriormente, y al tratarse de una relación lineal entre estas, el resultado de la temperatura calculada en el índice WBGT guarda relación con las anteriores.

### 3.3 Corrección del Índice WBGT según aislación térmica

Para corregir el índice WBGT por la inferencia del aislamiento térmico, se aplica el cálculo del índice aislamiento térmico (Clo), según el tipo de vestimenta. De acuerdo a las observaciones realizadas se establecen en las gráficas detalladas en el Anexo 6



Con esta observación se aplica la siguiente tabla:

**Tabla 11. Cálculo del índice de aislamiento térmico (Clo)**

Valores de las resistencias térmicas específicas de la vestimenta el personal	
Tipo de prendas	Resistencia térmica Clo
Calzoncillos	0,40
Medias	0,50
Camiseta manga corta	2,00
Pantalón	2,00
Zapatos	0,40
<b>Índice Clo total</b>	<b>5,30</b>

**Fuente:** Investigación.

El índice de aislamiento térmico (Clo) calculado determina un valor de 5,3, este valor representa un uniforme de trabajo de verano menor a 6,00, por lo que no se debe realizar una corrección al índice WBGT calculado.

### 3.4 Cálculo del consumo metabólico

Para calcular el consumo metabólico es necesario iniciar por la caracterización de las tareas de los trabajadores que participan en el proceso de elaboración y empaque de cigarrillos.

Cada ciclo de producción dura 8 horas (480 minutos), la edad promedio de los trabajadores es 35,9 años con una experiencia promedio en la empresa de 5,6 años. Por lo que se puede establecer que son trabajadores aclimatados a la temperatura. La siguiente tabla muestra las actividades de los cargos que forman parte de la investigación resaltados:

**Tabla 12. Descripción de actividades del proceso**

<b>Descripción de actividades</b>	<b>Ayudante DIM</b>	<b>Elaboración</b>	<b>Empaque</b>	<b>Estibador</b>	<b>Pesador</b>
Recepción de materiales	SI				
Entrega materiales a maquina	SI				
<b>Recepción material a maquina</b>		<b>SI</b>	<b>SI</b>		
<b>Arranque y operación maquina</b>		<b>SI</b>	<b>SI</b>		
<b>Cambios de marca</b>		<b>SI</b>	<b>SI</b>		
<b>Recolección y pesaje faroles</b>		<b>SI</b>	<b>SI</b>		SI
<b>Control tiempos perdidos</b>		<b>SI</b>	<b>SI</b>		
<b>Control calidad de producto</b>		<b>SI</b>	<b>SI</b>		
<b>Entrega cigarrillos a empaque</b>		<b>SI</b>			
Identificación y entrega de faroles					SI
<b>Llenado y sellado de pacas</b>			<b>SI</b>		
Estibaje de pacas				SI	
Entrega producto terminado				SI	

**Fuente:** Investigación.

La duración de las actividades del proceso son las siguientes:

**Tabla 13. Duración de tiempo por actividad (minutos)**

Descripción de actividades	Duración proceso (min)
Recepción material a maquina	19,20
Arranque y operación maquina	14,40
Cambios de marca	105,60
Recolección y pesaje faroles	91,20
Control tiempos perdidos	4,80
Control calidad de producto	4,80
Entrega cigarrillos a empaque	57,60
Llenado y sellado de pacas	182,40
<b>Total tiempo</b>	<b>480,00</b>

**Fuente:** Investigación.

Para determinar el consumo metabólico de las actividades descritas se utiliza la tabla descrita a continuación:

**Tabla 14. Consumo referencial metabólico por actividad laboral**

Posición y movimiento cuerpo (P)	
	kcal/min
Sentado	0,30
De pie	0,60
Andando	2,00
Tipo de trabajo (T)	
	kcal/min
Trabajo manual	
Ligero	0,40
Pesado	0,90
Trabajo brazo	
Ligero	1,00
Pesado	1,70
Trabajo dos brazos	
Ligero	1,50
Pesado	2,50
Trabajo cuerpo	
Ligero	3,50
Moderado	5,00
Pesado	7,00
Muy pesado	9,00

**Fuente:** Investigación.

Aplicando estos valores de kilocalorías por minuto en la tabla de descripción de actividades, se obtiene los siguientes datos:

**Tabla 15. Cálculo consumo metabólico por actividad laboral**

Descripción de actividades	Posición y movimiento del cuerpo (kcal/min)	Tipo de trabajo (kcal/min)	Total kcal/min
Recepción material a maquina	2,00	2,50	4,50
Arranque y operación maquina	2,00	2,50	4,50
Cambios de marca	2,00	3,50	5,50
Recolección y pesaje faroles	2,00	3,50	5,50
Control tiempos perdidos	0,60	0,90	1,50
Control calidad de producto	0,60	0,90	1,50
Entrega cigarrillos a empaque	2,00	3,50	5,50
Llenado y sellado de pacas	2,00	3,50	5,50

**Fuente:** Investigación.

Ponderando estos resultados por la duración porcentual de cada actividad dentro del proceso, se obtiene el total de consumo de kilocalorías minuto y hora:

**Tabla 16. Cálculo consumo por actividad laboral**

Descripción de actividades	%	Total	Kcal/min	Kcal/hora
Recepción material a maquina	4%	4,50	0,18	10,80
Arranque y operación maquina	3%	4,50	0,14	8,10
Cambios de marca	22%	5,50	1,21	72,60
Recolección y pesaje faroles	19%	5,50	1,05	62,70
Control tiempos perdidos	1%	1,50	0,02	0,90
Control calidad de producto	1%	1,50	0,02	0,90
Entrega cigarrillos a empaque	12%	5,50	0,66	39,60
Llenado y sellado de pacas	38%	5,50	2,09	125,40
<b>Total tiempo</b>	<b>100%</b>		<b>5,35</b>	<b>321,00</b>

**Fuente:** Investigación.

El cálculo determina que en el proceso de elaboración y empaque de cigarrillos, los trabajadores involucrados consumen 5,35 kilocalorías por minuto y 321,00 kilocalorías por hora en el tiempo que se produce la jornada laboral.

### 3.5 Determinación del riesgo térmico

En base a los datos calculados de la temperatura según el índice WBGT y el consumo metabólico de los trabajadores durante la jornada laboral, se puede determinar la existencia de riesgo térmico. Para lo cual en base al consumo metabólico se establece la temperatura límite, con el uso de la siguiente tabla:

**Tabla 17. Valores límite de referencia Índice WBGT**

Consumo metabólico kcal/hora	Índice WBGT límite ° C	
	Persona aclimatada	Persona no aclimatada
Menor o igual a 100	33	32
Entre 100 y 200	30	29
Entre 200 y 310	28	26
<b>Entre 310 y 400</b>	<b>25</b>	<b>22</b>
Mayor a 400	23	18

**Fuente:** ISO 7243

Según el consumo metabólico de 321 kilocalorías hora el límite de temperatura del índice WBGT es 25°C.

Con esta información se determina el riesgo térmico, comparando los valores del índice WBGT y el valor del índice WBGT límite obtenido en la tabla anterior. En los meses de investigación el resultado es el siguiente:

**Tabla 18. Evaluación de riesgo térmico**

Meses	WBGT	Consumo metabólico	WBGT límite	Evaluación
ene-14	24,32	321,00	25,00	No riesgo térmico
feb-14	28,01	321,00	25,00	Riesgo térmico
mar-14	25,79	321,00	25,00	Riesgo térmico
abr-14	24,97	321,00	25,00	No riesgo térmico
may-14	25,91	321,00	25,00	Riesgo térmico
jun-14	26,18	321,00	25,00	Riesgo térmico
jul-14	26,03	321,00	25,00	Riesgo térmico
ago-14	25,16	321,00	25,00	Riesgo térmico
sep-14	23,96	321,00	25,00	No riesgo térmico
oct-14	26,26	321,00	25,00	Riesgo térmico

Meses	WBGT	Consumo metabólico	WBGT límite	Evaluación
nov-14	24,06	321,00	25,00	No riesgo térmico
dic-14	25,82	321,00	25,00	Riesgo térmico
ene-15	27,03	321,00	25,00	Riesgo térmico
feb-15	27,38	321,00	25,00	Riesgo térmico
mar-15	29,54	321,00	25,00	Riesgo térmico
abr-15	29,56	321,00	25,00	Riesgo térmico
may-15	25,03	321,00	25,00	Riesgo térmico
jun-15	27,16	321,00	25,00	Riesgo térmico
jul-15	27,32	321,00	25,00	Riesgo térmico
ago-15	26,96	321,00	25,00	Riesgo térmico
sep-15	27,29	321,00	25,00	Riesgo térmico
oct-15	27,26	321,00	25,00	Riesgo térmico
nov-15	25,13	321,00	25,00	Riesgo térmico

**Fuente:** Investigación.

La información obtenida determina que existe riesgo térmico en el 80% de los meses investigados.

En la siguiente tabla se presenta la evaluación de riesgo térmico por turno de trabajo:

**Tabla 19. Evaluación de riesgo térmico por turno de trabajo**

Meses	WBGT			WBGT límite	Evaluación		
	Turno 1	Turno 2	Turno 3		Turno 1	Turno 2	Turno 3
ene-14	24,69	24,81	25,51	25,00	No riesgo térmico	No riesgo térmico	Riesgo térmico
feb-14	27,38	30,29	26,60	25,00	Riesgo térmico	Riesgo térmico	Riesgo térmico
mar-14	25,35	28,83	25,34	25,00	Riesgo térmico	Riesgo térmico	Riesgo térmico
abr-14	24,52	26,18	24,23	25,00	No riesgo térmico	Riesgo térmico	No riesgo térmico
may-14	25,70	25,93	26,32	25,00	Riesgo térmico	Riesgo térmico	Riesgo térmico
jun-14	26,36	27,30	26,26	25,00	Riesgo térmico	Riesgo térmico	Riesgo térmico
jul-14	25,77	27,04	25,95	25,00	Riesgo térmico	Riesgo térmico	Riesgo térmico
ago-14	25,42	25,69	26,12	25,00	Riesgo térmico	Riesgo térmico	Riesgo térmico
sep-14	23,79	24,24	24,92	25,00	No riesgo térmico	No riesgo térmico	No riesgo térmico
oct-14	26,00	26,13	27,15	25,00	Riesgo térmico	Riesgo térmico	Riesgo térmico
nov-14	24,45	24,13	24,97	25,00	No riesgo térmico	No riesgo térmico	No riesgo térmico
dic-14	26,62	25,74	26,00	25,00	Riesgo térmico	Riesgo térmico	Riesgo térmico
ene-15	25,68	27,74	24,75	25,00	Riesgo térmico	Riesgo térmico	No riesgo térmico
feb-15	25,58	28,26	24,89	25,00	Riesgo térmico	Riesgo térmico	No riesgo térmico

Meses	WBGT			WBGT límite	Evaluación		
	Turno 1	Turno 2	Turno 3		Turno 1	Turno 2	Turno 3
mar-15	25,96	27,67	25,02	25,00	Riesgo térmico	Riesgo térmico	Riesgo térmico
abr-15	25,53	27,50	24,63	25,00	Riesgo térmico	Riesgo térmico	No riesgo térmico
may-15	24,46	26,47	23,74	25,00	No riesgo térmico	Riesgo térmico	No riesgo térmico
jun-15	26,12	28,51	24,99	25,00	Riesgo térmico	Riesgo térmico	No riesgo térmico
jul-15	25,50	27,54	24,34	25,00	Riesgo térmico	Riesgo térmico	No riesgo térmico
ago-15	25,12	27,55	24,33	25,00	Riesgo térmico	Riesgo térmico	No riesgo térmico
sep-15	25,53	27,77	24,51	25,00	Riesgo térmico	Riesgo térmico	No riesgo térmico
oct-15	25,71	27,19	24,29	25,00	Riesgo térmico	Riesgo térmico	No riesgo térmico
nov-15	23,80	25,38	22,38	25,00	No riesgo térmico	Riesgo térmico	No riesgo térmico

**Fuente:** Investigación.

Existe mayor presencia de riesgo térmico en el segundo turno, que transcurre entre las 14:00 y 22:00, esto determina que este turno es donde existe mayor índice de temperatura para los trabajadores. Por el contrario, en el tercer turno, entre las 22:00 y 06:00 existe menor índice de temperatura, por lo que existe menor cantidad de meses con riesgo térmico.

### 3.6 Resultados de productividad del proceso

Para relacionar la presencia de riesgo térmico con la productividad del proceso de elaboración y empaque de cigarrillos, se debe presenten los datos de productividad expresados por el Uptime que utiliza la empresa investigada. Los datos de productividad son los siguientes:

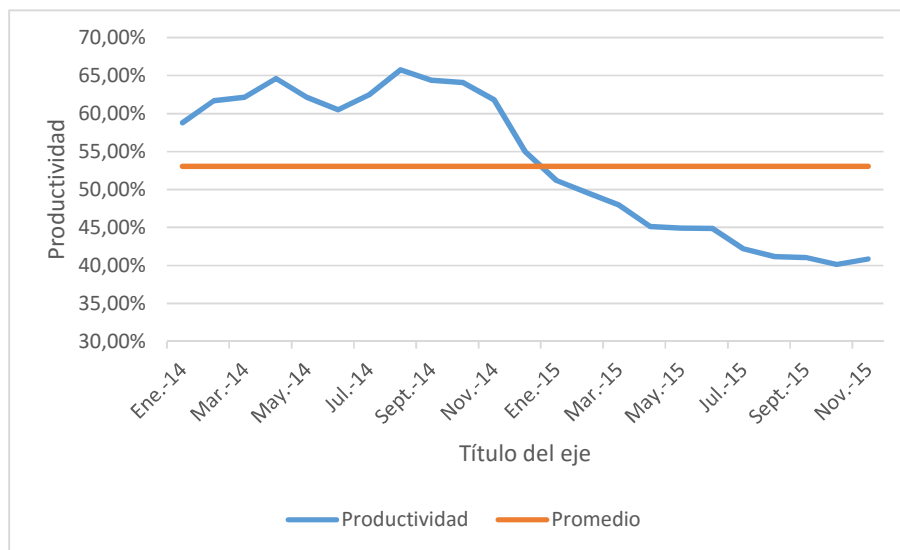
**Tabla 20. Productividad proceso**

Periodo tiempo	Uptime (Productividad)
ene-14	58,81%
feb-14	61,69%
mar-14	62,15%
abr-14	64,63%
may-14	62,12%
jun-14	60,50%
jul-14	62,50%
ago-14	65,76%
sep-14	64,40%
oct-14	64,10%
nov-14	61,80%

Periodo tiempo	Uptime (Productividad)
dic-14	55,00%
ene-15	51,18%
feb-15	49,55%
mar-15	48,00%
abr-15	45,13%
may-15	44,93%
jun-15	44,91%
jul-15	42,18%
ago-15	41,18%
sep-15	41,05%
oct-15	40,13%
nov-15	40,85%
dic-15	40,76%
<b>Promedio</b>	<b>53,05%</b>

**Fuente:** Investigación.

En la siguiente figura se analiza la tendencia de la productividad:



**Figura 23. Tendencia de la productividad**

**Fuente:** Investigación.

Como consta en la gráfica, la productividad tienen una pronunciada caída desde el mes de agosto de 2014, siendo a partir de diciembre de 2014 una disminución constante en sus índices, hasta ubicarse por debajo del promedio en todo el año 2015.



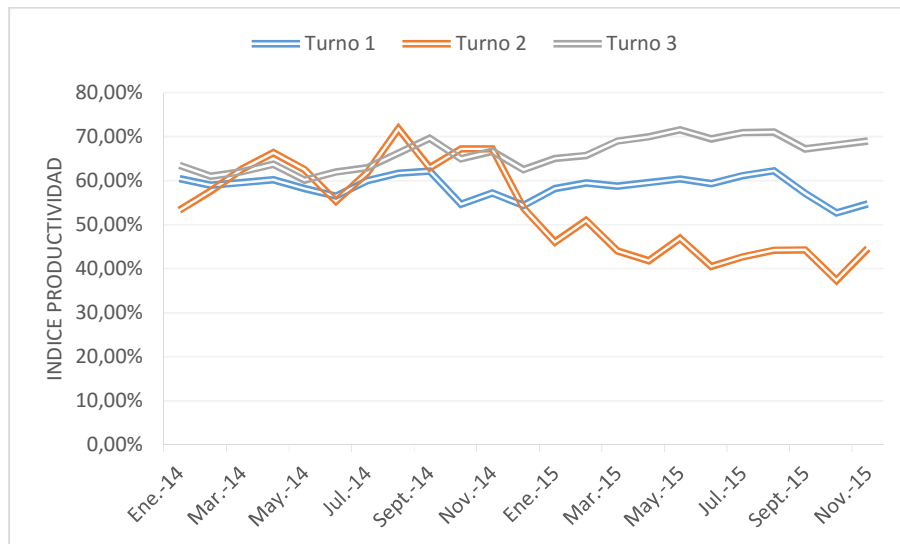
Los índices de la productividad por turno de trabajo son los siguientes:

**Tabla 21. Productividad proceso por turno de trabajo**

Meses	Productividad		
	Turno 1	Turno 2	Turno 3
ene-14	60,46%	53,28%	63,46%
feb-14	58,96%	57,68%	61,01%
mar-14	59,55%	62,65%	62,04%
abr-14	60,16%	66,31%	63,73%
may-14	58,17%	62,49%	60,11%
jun-14	56,47%	55,36%	61,95%
jul-14	60,00%	61,81%	62,88%
ago-14	61,71%	71,81%	66,25%
sep-14	62,14%	62,92%	69,63%
oct-14	54,61%	67,18%	64,98%
nov-14	57,18%	67,24%	66,69%
dic-14	54,38%	53,74%	62,47%
ene-15	58,21%	46,06%	65,02%
feb-15	59,51%	50,99%	65,71%
mar-15	58,74%	44,06%	68,98%
abr-15	59,56%	41,84%	69,96%
may-15	60,35%	46,91%	71,50%
jun-15	59,35%	40,51%	69,44%
jul-15	61,11%	42,69%	70,87%
ago-15	62,21%	44,23%	71,01%
sep-15	57,12%	44,25%	67,18%
oct-15	52,66%	37,36%	68,09%
nov-15	54,69%	44,61%	69,00%
<b>Promedio</b>	<b>58,58%</b>	<b>53,30%</b>	<b>66,17%</b>
<b>Máximo</b>	<b>62,21%</b>	<b>71,81%</b>	<b>71,50%</b>
<b>Mínimo</b>	<b>52,66%</b>	<b>37,36%</b>	<b>60,11%</b>

**Fuente:** Investigación.

Según el promedio de la productividad por turno de trabajo, se determina que el tercer turno es aquel que tiene mayor porcentaje de productividad promedio con el 66,17%, en el siguiente gráfico se puede apreciar el desempeño de la productividad por turno:



**Figura 24. Productividad por turno de trabajo**

**Fuente:** Investigación.

En el gráfico anterior, se puede apreciar que el turno 2 tiene una disminución en la productividad pronunciada a partir del año 2015, en el caso del turno 3 los indicadores de productividad se mantienen estables y con una leve tendencia de crecimiento.

### 3.7 Relación de los resultados de productividad con el Índice WBGT

En la siguiente tabla se indica los datos calculados de productividad y el índice de temperatura WBGT:

**Tabla 22. Productividad – Índice WBGT I**

Periodo tiempo	Productividad	WBGT °C
ene-14	58,81%	24,32
feb-14	61,69%	28,01
mar-14	62,15%	25,79
abr-14	64,63%	24,97
may-14	62,12%	25,91
jun-14	60,50%	26,18
jul-14	62,50%	26,03
ago-14	65,76%	25,16
sep-14	64,40%	23,96

Periodo tiempo	Productividad	WBGT °C
oct-14	64,10%	26,26
nov-14	61,80%	24,06
dic-14	55,00%	25,82
ene-15	51,18%	27,03
feb-15	49,55%	27,38
mar-15	48,00%	29,54
abr-15	45,13%	29,56
may-15	44,93%	25,03
jun-15	44,91%	27,16
jul-15	42,18%	27,32
ago-15	41,18%	26,96
sep-15	41,05%	27,29
oct-15	40,13%	27,26
nov-15	40,85%	25,13

**Fuente:** Investigación.

Como se aprecia en los datos, existe una disparidad en los indicadores, ya que la productividad es un porcentaje calculado en base al número de unidades producidas y la temperatura medida en grados centígrados. Para corregir este hecho, se utiliza la técnica de normalización de datos, tomando como número índice el valor del mes de enero de la productividad e índice WBGT:

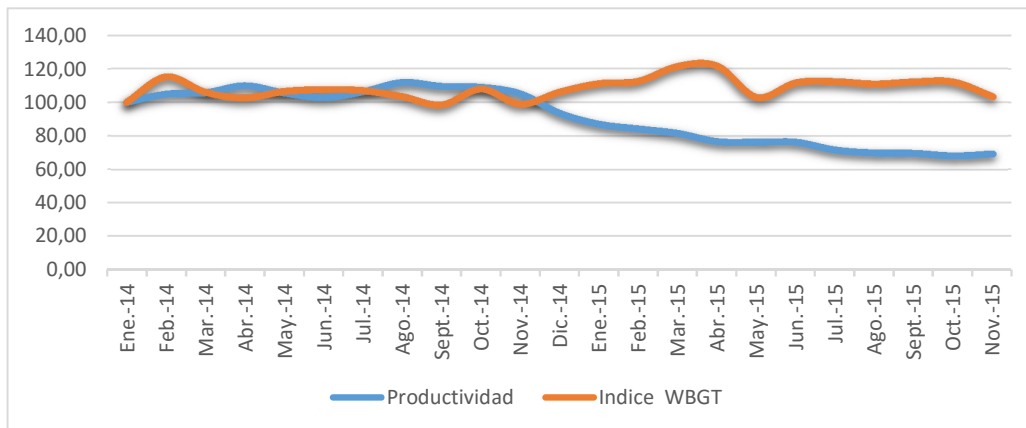
**Tabla 23. Productividad – Índice WBGT II**

Periodo tiempo	Productividad	WBGT
ene-14	100,000	100,000
feb-14	104,897	115,150
mar-14	105,679	106,033
abr-14	109,896	102,674
may-14	105,628	106,523
jun-14	102,874	107,636
jul-14	106,274	107,016
ago-14	111,818	103,466
sep-14	109,505	98,504

Periodo tiempo	Productividad	WBGT
oct-14	108,995	107,967
nov-14	105,084	98,927
dic-14	93,522	106,151
ene-15	87,026	111,151
feb-15	84,254	112,582
mar-15	81,619	121,456
abr-15	76,739	121,551
may-15	76,399	102,931
jun-15	76,365	111,682
jul-15	71,722	112,324
ago-15	70,022	110,870
sep-15	69,801	112,191
oct-15	68,237	112,067
nov-15	69,461	103,320

**Fuente:** Investigación.

El siguiente gráfico muestra la relación entre las tasas de crecimiento de las variables en estudio:



**Figura 25. Productividad e índice WBGT**

**Fuente:** Investigación.

El gráfico anterior muestra que existe una correlación negativa entre la productividad y la temperatura, es decir, a medida que aumenta la temperatura la productividad disminuye. Para determinar el índice de correlación entre estas variables se utiliza la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\frac{\sum x_i y_i}{n} - \bar{x} \bar{y}}{\sqrt{\left(\frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2\right) \left(\frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2\right)}}$$

Siendo el valor de x es la variable independiente que en el caso de la investigación corresponde a la temperatura medida por el índice WBGT y el valor de y es la variable dependiente que corresponde a la productividad.

Reemplazando los valores, se obtiene el numerador del resultado de la covarianza, valor de -0,005390 y el denominador la varianza de variable x es 0,010099 y la varianza de la variable y 0,02734.

El resultado se obtiene de la operación:  $(-0,005390) / \sqrt{(0,010099)(0,02734)} = -0,5337$

Por lo tanto el índice de relación entre la temperatura y la productividad es -0,5337, este indica que existe una relación negativa, a mayor crecimiento de la temperatura menor crecimiento de la productividad. Para obtener la correlación se eleva este índice al cuadrado y se obtiene que la influencia de la temperatura sobre la productividad es del 28,5%.

### 3.8 Relación de los resultados de correlación por turno trabajo

#### Turno 1: 08:00 – 14:00

**Tabla 24. Productividad – Índice WBGT Turno 1**

Periodo tiempo	Productividad	Índice Productividad	WBGT	Índice WBGT
ene-14	60,46%	100,00%	24,69	100%
feb-14	58,96%	97,52%	27,38	111%

mar-14	59,55%	98,50%	25,35	103%
abr-14	60,16%	99,51%	24,52	99%
may-14	58,17%	96,22%	25,70	104%
jun-14	56,47%	93,41%	26,36	107%
jul-14	60,00%	99,24%	25,77	104%
ago-14	61,71%	102,07%	25,42	103%
sep-14	62,14%	102,78%	23,79	96%
oct-14	54,61%	90,33%	26,00	105%
nov-14	57,18%	94,58%	24,45	99%
dic-14	54,38%	89,95%	26,62	108%
ene-15	58,21%	96,28%	25,68	104%
feb-15	59,51%	98,43%	25,58	104%
mar-15	58,74%	97,16%	25,96	105%
abr-15	59,56%	98,52%	25,53	103%
may-15	60,35%	99,82%	24,46	99%
jun-15	59,35%	98,17%	26,12	106%
jul-15	61,11%	101,08%	25,50	103%
ago-15	62,21%	102,90%	25,12	102%
sep-15	57,12%	94,48%	25,53	103%
oct-15	52,66%	87,10%	25,71	104%
nov-15	54,69%	90,46%	23,80	96%

Fuente: Investigación.

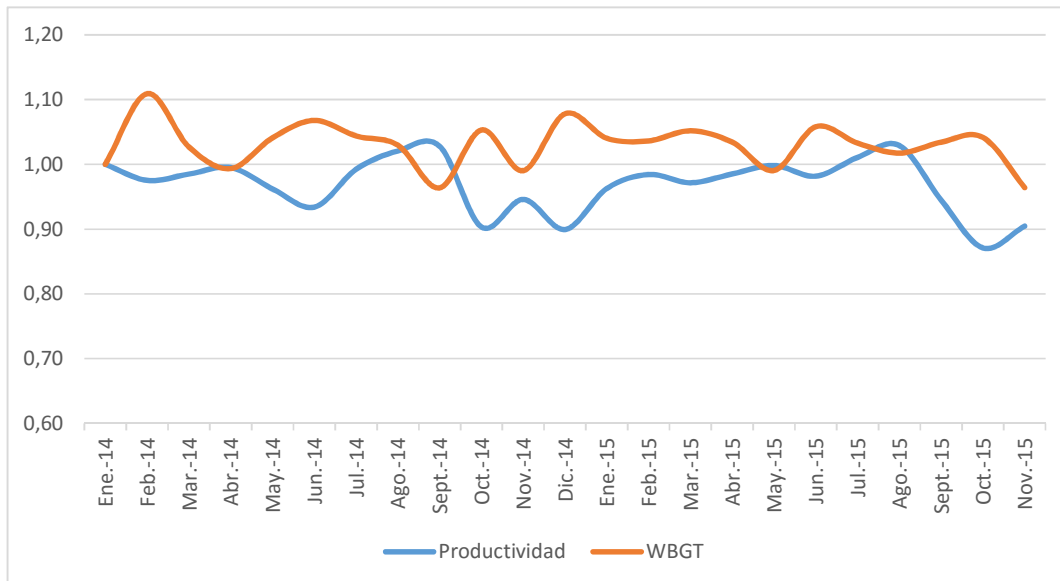


Figura 26. Productividad e Índice WBGT – Turno 1

Fuente: Investigación.

En el caso del turno 1 correspondiente a la mañana, el índice de correlación es negativa y débil, ya que tiene un valor de -0,2839.

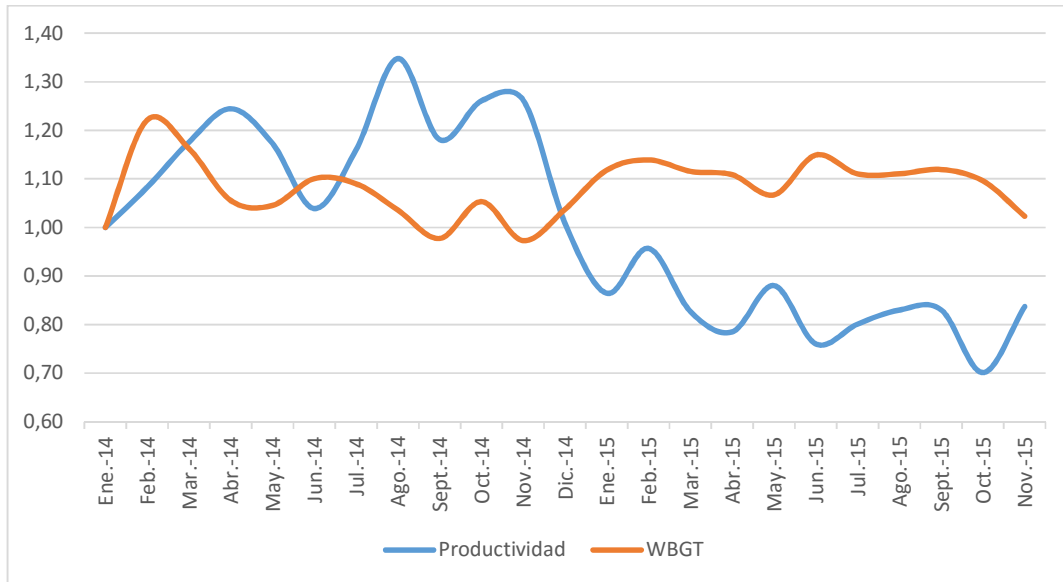
**Turno 2: 14:00 – 22:00**

**Tabla 25. Productividad – Índice WBGT Turno 2**

Periodo tiempo	Productividad	Índice Prod	WBGT	Índice WBGT
ene-14	53,28%	100,00%	24,81	100%
feb-14	57,68%	108,25%	30,29	122%
mar-14	62,65%	117,58%	28,83	116%
abr-14	66,31%	124,45%	26,18	106%
may-14	62,49%	117,29%	25,93	105%
jun-14	55,36%	103,90%	27,30	110%
jul-14	61,81%	116,01%	27,04	109%
ago-14	71,81%	134,77%	25,69	104%
sep-14	62,92%	118,09%	24,24	98%
oct-14	67,18%	126,08%	26,13	105%
nov-14	67,24%	126,19%	24,13	97%
dic-14	53,74%	100,85%	25,74	104%
ene-15	46,06%	86,45%	27,74	112%
feb-15	50,99%	95,69%	28,26	114%
mar-15	44,06%	82,70%	27,67	112%
abr-15	41,84%	78,52%	27,50	111%
may-15	46,91%	88,04%	26,47	107%
jun-15	40,51%	76,03%	28,51	115%
jul-15	42,69%	80,11%	27,54	111%
ago-15	44,23%	83,01%	27,55	111%
sep-15	44,25%	83,05%	27,77	112%
oct-15	37,36%	70,12%	27,19	110%
nov-15	44,61%	83,72%	25,38	102%

**Fuente:** Investigación.

En el caso del turno 2 correspondiente a la tarde y primeras horas de la noche, el índice de correlación es negativa y tiene mayor incidencia que el turno 1, ya que tiene un valor de -0,5091.



**Figura 27. Productividad e Índice WBGT – Turno 2**

**Fuente:** Investigación.

**Turno 3: 22:00 – 06:00**

**Tabla 26. Productividad – Índice WBGT Turno 3**

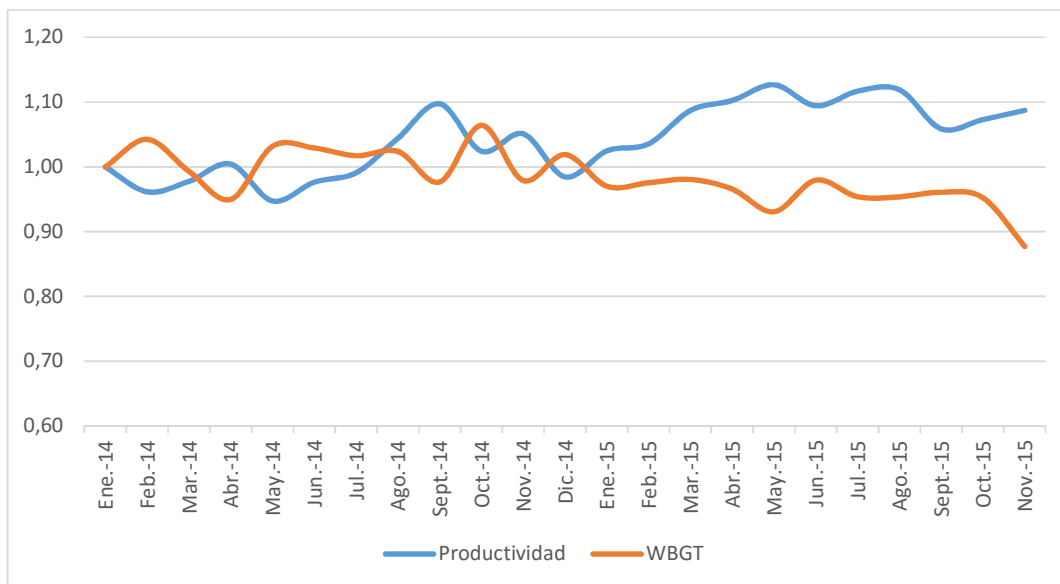
Periodo tiempo	Productividad	Índice Prod	WBGT	Índice WBGT
ene-14	63,46%	100,00%	25,51	100%
feb-14	61,01%	96,15%	26,60	104%
mar-14	62,04%	97,77%	25,34	99%
abr-14	63,73%	100,42%	24,23	95%
may-14	60,11%	94,73%	26,32	103%
jun-14	61,95%	97,63%	26,26	103%
jul-14	62,88%	99,09%	25,95	102%
ago-14	66,25%	104,40%	26,12	102%
sep-14	69,63%	109,73%	24,92	98%
oct-14	64,98%	102,40%	27,15	106%
nov-14	66,69%	105,10%	24,97	98%
dic-14	62,47%	98,45%	26,00	102%
ene-15	65,02%	102,46%	24,75	97%
feb-15	65,71%	103,55%	24,89	98%
mar-15	68,98%	108,71%	25,02	98%
abr-15	69,96%	110,25%	24,63	97%



may-15	71,50%	112,68%	23,74	93%
jun-15	69,44%	109,43%	24,99	98%
jul-15	70,87%	111,68%	24,34	95%
ago-15	71,01%	111,90%	24,33	95%
sep-15	67,18%	105,87%	24,51	96%
oct-15	68,09%	107,30%	24,29	95%
nov-15	69,00%	108,74%	22,38	88%

**Fuente:** Investigación.

En el caso del turno 3 correspondiente a la noche y madrugada, el índice de correlación es negativa y tiene mayor incidencia que el turno 1 y 2, ya que tiene un valor de -0,6068.



**Figura 28. Productividad e Índice WBGT – Turno 3**

**Fuente:** Investigación.

### 3.8 Prueba de hipótesis

Para determinar si la correlación calculada es significativa, se calcula prueba de *t* con el planteamiento de la siguiente hipótesis:

Hipótesis nula: No existe una relación significativa entre la temperatura y la productividad.

Hipótesis alterna: Existe una relación significativa entre la temperatura y la productividad. Cambiar el sentido.

La fórmula de la prueba estadística  $t$  es la siguiente:

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Siendo:

$r$  = coeficiente de correlación

$n$  = tamaño de la muestra

Reemplazando los datos en la fórmula:

$$t = -0,5337 \sqrt{(21 - 2)} / \sqrt{(1 - (-0,5337)^2)}$$

$$t = - 2,751$$

Comparando el valor calculado de  $t = -2,751$  con el valor de  $t$  crítica de la tabla de distribución en base a los siguientes datos:

Error estadístico = 5%

Grados de libertad =  $n - 2 = 19$

$t$  crítica de la tabla de distribución =  $\pm 1,729$

Dado que la estadística calculada de prueba  $t = -2,751$  es mayor al valor de  $-1,729$ , se encuentra en una región de rechazo, por lo que no se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que dice que existe una relación significativa entre la temperatura y la productividad.

## **CAPÍTULO IV**

### **DISCUSIÓN**

En base a los resultados encontrados en la investigación, se puede establecer que en la empresa donde se desarrolló el estudio de riesgo térmico y su incidencia en la productividad, si existe una correlación entre la temperatura y productividad; esto establece que a menor temperatura aumenta la productividad en el proceso de elaboración y empaque. Es por ello, que en el turno 3, que tiene la menor temperatura promedio existe el mayor índice de productividad. Esto lo confirma el índice de correlación de 28,5%.

Estos resultados confirman el estudio realizado por Vasco Gualotuña en el año 2011 en las instalaciones del Aeropuerto Mariscal Sucre, en este documento, se menciona que una persona expuesta a un ambiente caluroso durante su jornada de trabajo, su nivel de producción disminuye como resultado del aumento de intercambio de calor entre el ambiente y el cuerpo del trabajador. Adicionalmente, menciona que los trabajadores nuevos presentan mayor desgaste debido al tiempo de aclimatación y que esto incide en la baja de la producción.

De igual manera, la investigación de Mantilla ejecutada en el año 2014 en los restaurantes de comida rápida KFC en Quito y Guayaquil, determino que el exceso de calor en el personal de cocina pone en riesgo la salud de los trabajadores, por la exposición constante a altas temperaturas, especialmente en la ciudad de Guayaquil, este factor de riesgo térmico incide en la presencia de cansancio y agotamiento en los trabajadores.

En el campo internacional, una investigación desarrollada por Marshall Burke del departamento de Ciencias de la Tierra en la Universidad de Stanford, donde relaciono temperaturas entre 1960 y 2010 en 166 países, para demostrar que la productividad decae bruscamente con la exposición a altas temperatura, esto aplica a todos los sectores económicos y tiene mayor incidencia en los países menos desarrollados, ya que tienen menor capacidad financiera para ejecutar medidas paliativas.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

- En el campo teórico existen diversos estudios que mencionan que la excesiva temperatura afecta en el desempeño laboral de las personas, debido a que provoca un desbalance térmico, que en términos fisiológicos inciden en náuseas y vómito, deshidratación y sudoración excesiva. En el aspecto legal, en el Ecuador existe una legislación que norma las actividades laborales en cuanto a la salud ocupacional, así lo consagra desde la Constitución de la República, Código de Trabajo y demás resoluciones emitidas por el Ministerio de Trabajo e Instituto de Seguridad Social. El tema de la salud ocupacional de los trabajadores es un derecho que debe ser cumplido a cabalidad por los empleadores.
- Los puestos de trabajo en el proceso investigado tienen una fuerte vinculación con el trabajo manual en el empaque y trabajo apoyado por máquinas en el proceso de elaboración de cigarrillos. El proceso de trabajo está establecido en tres turnos de ocho horas, que inicia a las 06.00 de lunes a viernes. Los cargos investigados constituyen el 93% del proceso de trabajo, la mayor concentración del trabajo está en la tarea del llenado y sellado de pacas con el 38% del turno de trabajo y cambio de marcas con 22% del turno de trabajo. El resto de actividades tienen una repartición proporcional entre el 1% y 12%.
- Los riesgos térmicos que se exponen los trabajadores del proceso de elaboración y empaque de cigarrillos son los relacionados con la presencia de temperatura y

humedad, estos factores son producto de la distribución de la fábrica y la utilización de maquinaria durante 24 horas diarias sin existir una adecuada ventilación y refrigeración.

- De los meses evaluados entre el año 2014 y 2015, el 82% de los casos existió una temperatura superior a la permitida, lo cual incide en que se determine un riesgo térmico. Para calcular este riesgo térmico se utilizó la metodología establecida en la NTTP 322 del INSHT de España, la cual emplea una ecuación que relaciona la temperatura ambiente y la temperatura húmeda con el consumo metabólico de los trabajadores en base a sus tareas realizadas.
- Al relacionar el riesgo térmico con la productividad del proceso de elaboración y empaque de cigarrillos se determinó que existe una correlación directa negativa de  $-0,5337$ , lo cual indica que a medida que crece la temperatura medida por el índice WBGT decrece la productividad en el proceso investigado. Esto se pudo notar de igual manera en los turnos de trabajo, siendo el segundo turno con una menor productividad y mayor temperatura; en contrapuesta, el tercer turno con una mayor productividad y menor temperatura.

## **Recomendaciones**

- La literatura e investigaciones académicas son abundantes en el tema de informar sobre el riesgo de la excesiva temperatura y humedad en los procesos laborales, lo que falta es una decidida labor por parte de los organismos de control que puedan verificar que se cumple la normativa por parte de los empleadores. Esta tarea debe recaer en auditorías en los sitios de trabajo y capacitación para informar sobre los riesgos a los cuales se exponen los trabajadores. Además de concientizar a los empleadores que existe una disminución de la productividad cuando existe excesiva temperatura y que cualquier esfuerzo por remediarlo es recompensado en el tema de producción.
- En cuanto a los puestos de trabajo, es importante que el estudio realizado en el proceso de elaboración y empaque en la fabricación de cigarrillos, sea imitado en otras áreas de la empresa donde las tareas sean similares; es decir, en las instalaciones en la región costa, que es de donde proviene la materia prima.
- La capacitación al personal que labora en el proceso investigado es importante para que conozcan los riesgos a los cuales están expuestos, para que de esta manera se puedan programar pausas activas en coordinación con los supervisores y planificadores de la producción. El control médico periódico consiste en una medida paliativa que permita monitorear el estado de salud de los trabajadores.
- Es recomendable medir y evaluar los riesgos térmicos en otras áreas de la compañía, sobre todo en las instalaciones de la región costa en los meses donde existe mayor concentración de temperatura y humedad, para verificar cómo se

comporta la correlación calculada en el proceso de elaboración y empaque, para determinar si existe coincidencias o divergencias con el tema de esta investigación

- En la actualidad se ha implementado un sistema de refrigeración para el área de elaboración y empaque, lo que ha permitido disminuir la temperatura y el incremento de la productividad. Es importante que se continúe con esta evaluación para determinar los resultados en un periodo prolongado de tiempo para disponer de mayor análisis de información.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, G. E., Martínez, G. A., & Estario, J. C. (2007). *Manual de Salud Pública*. Cordoba, Argentina: Encuentro Grupo Editor.
- Acosta, R. (2001). *Bases conceptuales y organizacionales de la salud ocupacional en el ISS*. Bogotá: ASCOFAME.
- Aguirre, F., & Vallejo, C. (2013). *Guía de prevención en riesgos laborales y enfermedades profesionales para los trabajadores del Centro de Salud NI de la Ciudad de Ibarra*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Aguirre, F., & Vallejos, C. (2013). *Guía de prevención en riesgos laborales y enfermedades profesionales para los trabajadores del Centro de Salud NI de la Ciudad de Ibarra*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Aref, A., & Fernández, W. (2007). *Evaluación Ergonómica: Puestos de trabajo*. Argentina: Universidad Nacional Tres de Febrero.
- Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución Política de la República del Ecuador*. Montecristi: Registro Oficial 449.
- Barreno, M. P., & Haro, C. F. (2011). *Diseño de un modelo de un plan de seguridad industrial y salud ocupacional en la empresa consermin S. A. tomando como referencia el proyecto Riobamba ZHUD*. Riobamba: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.

- Bernal, C. (2006). *Metodología de la Investigación para la administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Mexico: Pearson.
- Cabalciro, V. (23 de Octubre de 2010). *Prevención de riesgos laborales, normativa de seguridad e higiene en el puesto de trabajo*. Espana: Ideas propias. Obtenido de Factores de riesgos físicos: <http://factoresderiesgosfisicos69413.blogspot.com/>
- Castillo, J., & Orozco, A. (2010). Evaluación de un método de cálculo para estimar la carga de trabajo en trabajadores expuestos a condiciones térmicas extremas. *Salud de los trabajadores*, 17 - 33.
- Código de Trabajo. (2005). Registro Oficial Suplemento 167 de 16 de diciembre de 2005.
- Colimon, K. M. (1975). *Fundamentos de Epidemiología*. Medellín.
- Cortés, J. M. (2007). *Técnicas de prevención de riesgos laborales: Seguridad e higiene del trabajo*. Madrid: Editorial Tébar S.L.
- Creus Solé, A. (2006). *Gestión de la prevención*. México: Colección Formación.
- Cruz, A., & Garnica, A. (2007). *Principios de Ergonomía*. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- García, A., & Rodríguez, M. A. (2011). *Plan de prevención de riesgos laborales en los talleres del Consejo Provincial de Chimborazo*. Riobamba: ESPOCH.
- Hernandez, A. (2007). *Bienestar térmico: criterio de diseño para ambientes térmicos confortables*. Madrid: INSHT.
- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. (2012). *Seguro Riesgos de Trabajo*. Obtenido de IESS Web Site: <https://www.iess.gob.ec/es/web/guest/prestaciones>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España. (2008). *Evaluación y prevención de los riesgos realtivos a la utilización de los lugares de trabajo*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España.
- Kazmier, L. (2010). *Estadística aplicada a la Administración y Economía*. México: McGraw Hill.



- Leñero, M., & Solís, G. (2008). *Clasificación de los factores de riesgo*. Mexico: UNAM.
- Llaneza Alvarez, F. J. (2009). *Formación superior en prevención de riesgos laborales*. Valladolid: Lex Nova S.A.
- Luna, P. (2012). *NTP 322: Valoración del riesgo térmico*. Madrid: INSHT.
- Marín, M., & Pico, M. (2009). *Fundamentos de Salud Ocupacional*. Manizales: Universidad de Caldas, Centro Editorial.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador. (2010). *Sección Educativa: Definiciones*. Obtenido de <http://www.snet.gob.sv/ver/seccion+educativa/riesgo/>
- Ministerio de Salud Pública. (2012). *Seguridad y Salud Ocupacional*. Obtenido de [http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CCkQFjAC&url=http%3A%2F%2Finstituciones.msp.gob.ec%2Fsomossalud%2Fimagenes%2Fdocumentos%2Finduccion%2F8SeguridadSaludOcupacional.ppt&ei=HN-6U\\_yKFKjTsASKioCoAw&usg=AFQjCNG0yVW11Sk3kH-ICfO](http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CCkQFjAC&url=http%3A%2F%2Finstituciones.msp.gob.ec%2Fsomossalud%2Fimagenes%2Fdocumentos%2Finduccion%2F8SeguridadSaludOcupacional.ppt&ei=HN-6U_yKFKjTsASKioCoAw&usg=AFQjCNG0yVW11Sk3kH-ICfO)
- Mondelo, A., Torada, E., Castejón, E., Comas, S., & Bartolomé, E. (2013). *Confort y estrés térmico*. Barcelona: Iniciativa Digital Politécnica.
- Moreno Flores, M. C. (2011). *Diagnóstico de riesgos ergonomicos con la finalidad de realizar una propuesta de diseño ergonómico del medio laboral tendiente a prevenir los riesgos y enfermedades laborales en la Corporación 2 ALFA*. Quito: Universidad Central del Ecuador .
- Moreno, M. (2011). *Diagnóstico de riesgos ergonómicos con la finalidad de realizar una propuesta de diseño ergonómico del medio laboral tendiente a prevenir los riesgos y enfermedades laborales en la Corporación 2 ALFA*. Quito: UCE.
- Nogareda, S. (2009). *Determinación del metabolismo energetico*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Organizacion Internacional del Trabajo. (2012). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo*. Madrid: OIT.

- Presidencia de la República del Ecuador. (1986). *Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo - Decreto Ejecutivo 2393*. Quito: Registro Oficial N° 565.
- Ramírez, C. (2005). *Seguridad Industrial: Un enfoque integral* (Segunda ed.). México: Limusa.
- Rivas, R. (2007). *Ergonomía en el diseño y la producción industrial*. Buenos Aires: Nobuko.
- Rubio Romero, J. C. (2008). *Métodos de evaluación de riesgos laborales*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Universidad de Valencia. (2010). *www.uv.es*. Obtenido de *www.uv.es*: <http://www.uv.es/~friasnav/AlfaCronbach.pdf>
- Vasco, C. (2011). *Investigación y evaluación del riesgo térmico al que se encuentran expuestos los trabajadores del centro de operación, control y comunicaciones en el Aeropuerto Mariscal Sucre de Quito*. Quito: Universidad Internacional SEK.
- Villas-Boas, R., Echavarría, C., & Ellis, J. (2009). *Problemas emergenciales y soluciones APELL*. Bolivia: CYTED.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1 – DETALLE DE GÉNERO, EDAD Y ANTIGÜEDAD DEL  
PERSONAL**

<b>Trabajadores</b>	<b>Proceso</b>	<b>Género</b>	<b>Edad</b>	<b>Antigüedad</b>
T1	Elaboración	Femenino	23	3
T2	Elaboración	Femenino	26	6
T3	Elaboración	Masculino	35	7
T4	Elaboración	Masculino	38	2
T5	Elaboración	Masculino	33	6
T6	Elaboración	Masculino	37	2
T7	Elaboración	Masculino	38	5
T8	Elaboración	Masculino	36	5
T9	Elaboración	Masculino	37	6
T10	Elaboración	Masculino	33	8
T11	Elaboración	Masculino	32	7
T12	Elaboración	Masculino	34	6
T13	Elaboración	Masculino	38	7
T14	Elaboración	Masculino	35	2
T15	Elaboración	Masculino	37	5
T16	Elaboración	Masculino	33	3
T17	Elaboración	Masculino	34	6
T18	Elaboración	Masculino	37	7
T19	Elaboración	Masculino	33	8
T20	Elaboración	Masculino	38	7
T21	Elaboración	Masculino	33	5
T22	Elaboración	Masculino	35	8
T23	Elaboración	Masculino	36	5
T24	Elaboración	Masculino	33	2
T25	Elaboración	Masculino	34	8

<b>Trabajadores</b>	<b>Proceso</b>	<b>Género</b>	<b>Edad</b>	<b>Antigüedad</b>
T26	Elaboración	Masculino	34	6
T27	Elaboración	Masculino	34	6
T28	Elaboración	Masculino	36	4
T29	Elaboración	Masculino	37	8
T30	Elaboración	Masculino	38	5
T31	Elaboración	Masculino	36	12
T32	Elaboración	Masculino	32	2
T33	Empaque	Masculino	37	2
T34	Empaque	Masculino	34	6
T35	Empaque	Masculino	37	5
T36	Empaque	Masculino	36	6
T37	Empaque	Masculino	32	3
T38	Empaque	Masculino	34	2
T39	Empaque	Masculino	38	6
T40	Empaque	Masculino	33	2
T41	Empaque	Masculino	44	6
T42	Empaque	Masculino	37	8
T43	Empaque	Masculino	36	3
T44	Empaque	Masculino	34	5
T45	Empaque	Masculino	46	11
T46	Empaque	Masculino	41	12
T47	Empaque	Masculino	36	3
T48	Empaque	Masculino	37	7
T49	Empaque	Masculino	44	8
T50	Empaque	Masculino	32	5
T51	Empaque	Masculino	46	12
T52	Empaque	Masculino	33	4
T53	Empaque	Masculino	38	5
T54	Empaque	Masculino	43	11
T55	Empaque	Masculino	33	5
T56	Empaque	Masculino	37	3
T57	Empaque	Masculino	43	2
T58	Empaque	Masculino	33	6
T59	Empaque	Masculino	32	6
T60	Empaque	Masculino	44	11
T61	Empaque	Masculino	37	2
T62	Empaque	Masculino	37	4
T63	Empaque	Masculino	35	6
T64	Empaque	Masculino	32	2
T65	Empaque	Masculino	29	3
T66	Empaque	Masculino	33	6
T67	Empaque	Masculino	35	5
T68	Empaque	Masculino	42	9
T69	Empaque	Masculino	42	4

Trabajadores	Proceso	Género	Edad	Antigüedad
		Promedio	35,9	5,6

## ANEXO 2 – TEMPERATURA GLOBAL Y TEMPERATURA HUMEDA NATURAL

Meses	Temperatura Global °C	Temperatura Húmeda Natural °C
ene-14	22,01	25,31
feb-14	23,80	29,81
mar-14	22,90	27,03
abr-14	23,40	25,65
may-14	23,30	27,03
jun-14	23,80	27,20
jul-14	23,70	27,03
ago-14	22,70	26,22
sep-14	22,30	24,67
oct-14	23,80	27,31
nov-14	22,67	24,66
dic-14	22,73	27,14
ene-15	25,31	27,77
feb-15	25,26	28,29
mar-15	26,79	30,72
abr-15	26,63	30,82
may-15	23,55	25,67
jun-15	25,18	28,01
jul-15	24,94	28,34
ago-15	24,49	28,03
sep-15	25,48	28,06
oct-15	25,16	28,15

nov-15	23,68	25,75
<b>Temperatura promedio</b>	<b>24,16</b>	<b>27,42</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>1,27</b>	<b>1,66</b>
<b>Intervalo confianza superior</b>	<b>24,68</b>	<b>28,10</b>
<b>Intervalo confianza inferior</b>	<b>23,64</b>	<b>26,75</b>

### ANEXO 3 – TEMPERATURA GLOBAL Y TEMPERATURA HUMEDA NATURAL POR TURNO DE TRABAJO

Meses	Temperatura Global			Temperatura Húmeda Natural		
	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 1	Turno 2	Turno 3
ene-14	22,34	<b>22,45</b>	23,09	25,69	25,82	26,55
feb-14	23,27	25,74	22,60	<b>29,14</b>	<b>32,24</b>	<b>28,31</b>
mar-14	22,51	25,61	22,50	26,56	30,21	26,55
abr-14	22,98	24,54	22,71	25,18	26,89	24,88
may-14	23,11	23,32	23,67	26,81	27,05	27,46
jun-14	23,97	24,82	23,87	27,39	28,37	27,28
jul-14	23,46	24,62	23,63	26,75	28,08	26,94
ago-14	22,93	23,18	23,56	26,48	26,77	27,22
sep-14	<b>22,14</b>	22,57	23,19	24,49	24,96	25,65
oct-14	23,56	23,68	<b>24,61</b>	27,04	27,18	28,24
nov-14	23,03	22,74	23,53	25,05	<b>24,73</b>	25,59
dic-14	23,43	22,66	22,89	27,98	27,06	27,33
ene-15	24,04	25,97	23,17	26,38	28,50	25,43
feb-15	23,60	26,07	22,96	26,43	29,20	25,71
mar-15	23,55	25,10	22,69	27,00	28,78	26,01
abr-15	23,00	24,77	22,19	26,62	28,67	25,68
may-15	23,01	24,91	22,34	25,07	27,15	24,34
jun-15	<b>24,21</b>	<b>26,42</b>	23,16	26,94	29,40	25,77
jul-15	23,28	25,15	22,22	26,45	28,57	25,24
ago-15	22,81	25,02	22,10	26,10	28,63	25,29
sep-15	23,84	25,93	22,89	26,25	28,56	25,21
oct-15	23,74	25,10	22,43	26,56	28,08	25,09
nov-15	22,43	23,92	<b>21,09</b>	<b>24,39</b>	26,01	<b>22,93</b>
<b>Promedio</b>	<b>23,23</b>	<b>24,53</b>	<b>22,92</b>	<b>26,38</b>	<b>27,86</b>	<b>26,03</b>
<b>Máximo</b>	<b>24,21</b>	<b>26,42</b>	<b>24,61</b>	<b>29,14</b>	<b>32,24</b>	<b>28,31</b>
<b>Mínimo</b>	<b>22,14</b>	<b>22,45</b>	<b>21,09</b>	<b>24,39</b>	<b>24,73</b>	<b>22,93</b>

**ANEXO 4 – TEMPERATURA GLOBO POR FACTOR INDICE  
WBGT**

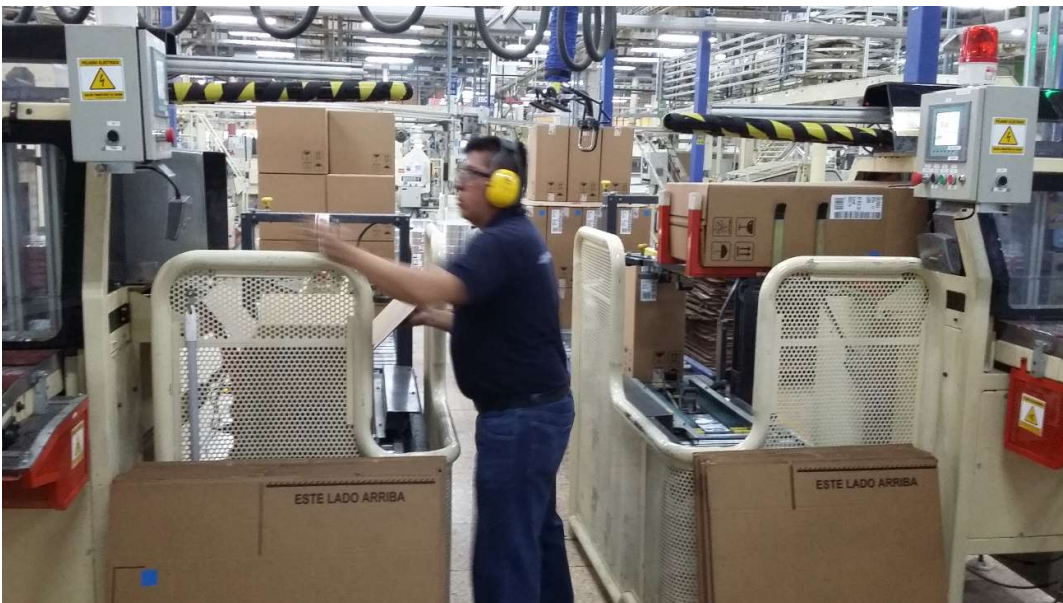
<b>Meses</b>	<b>Temperatura Global</b>	<b>Temperatura Global x factor 0,3</b>
ene-14	22,01	6,60
feb-14	23,80	7,14
mar-14	22,90	6,87
abr-14	23,40	7,02
may-14	23,30	6,99
jun-14	23,80	7,14
jul-14	23,70	7,11
ago-14	22,70	6,81
sep-14	22,30	6,69
oct-14	23,80	7,14
nov-14	22,67	6,80
dic-14	22,73	6,82
ene-15	25,31	7,59
feb-15	25,26	7,58
mar-15	26,79	8,04
abr-15	26,63	7,99
may-15	23,55	7,07
jun-15	25,18	7,55
jul-15	24,94	7,48
ago-15	24,49	7,35
sep-15	25,48	7,64
oct-15	25,16	7,55
nov-15	23,68	7,10



**ANEXO 5 – TEMPERATURA HUMEDA NATURAL POR FACTOR  
INDICE WBGT**

<b>Meses</b>	<b>Temperatura Húmeda Natural</b>	<b>Temperatura Húmeda Natural x 0,7</b>
ene-14	25,31	17,72
feb-14	29,81	20,87
mar-14	27,03	18,92
abr-14	25,65	17,95
may-14	27,03	18,92
jun-14	27,20	19,04
jul-14	27,03	18,92
ago-14	26,22	18,35
sep-14	24,67	17,27
oct-14	27,31	19,12
nov-14	24,66	17,26
dic-14	27,14	19,00
ene-15	27,77	19,44
feb-15	28,29	19,80
mar-15	30,72	21,50
abr-15	30,82	21,57
may-15	25,67	17,97
jun-15	28,01	19,61
jul-15	28,34	19,84
ago-15	28,03	19,62
sep-15	28,06	19,64
oct-15	28,15	19,71
nov-15	25,75	18,02

## ANEXO 6 – OBSERVACION DE VESTIMENTA



**ANEXO 7 – NTP 322 VALORACION DEL RIESGO DE ESTRÉS  
TERMICO: INDICE WBGT**

## NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT

Estimation de la cointrante thermique: indice WBGT  
Estimation of the heat stress: WBGT index

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

### Redactor:

Pablo Luna Mendaza  
Ldo. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

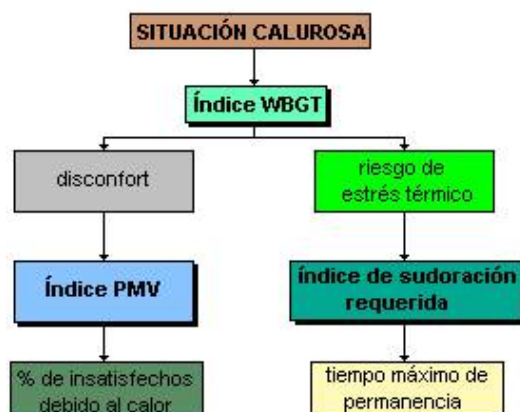
### Introducción

La existencia de calor en el ambiente laboral constituye frecuentemente una fuente de problemas que se traducen en quejas por falta de confort, bajo rendimiento en el trabajo y, en ocasiones, riesgos para la salud.

El estudio del ambiente térmico requiere el conocimiento de una serie de variables del ambiente, del tipo de trabajo y del individuo. La mayor parte de las posibles combinaciones de estas variables que se presentan en el mundo del trabajo, dan lugar a situaciones de inconfort, sin que exista riesgo para la salud. Con menor frecuencia pueden encontrarse situaciones laborales térmicamente confortables y, pocas veces, el ambiente térmico puede generar un riesgo para la salud. Esto último está condicionado casi siempre a la existencia de radiación térmica (superficies calientes), humedad (> 60%) y trabajos que impliquen un cierto esfuerzo físico.

El riesgo de estrés térmico, para una persona expuesta a un ambiente caluroso, depende de la producción de calor de su organismo como resultado de su actividad física y de las características del ambiente que le rodea, que condiciona el intercambio de calor entre el ambiente y su cuerpo. Cuando el calor generado por el organismo no puede ser emitido al ambiente, se acumula en el interior del cuerpo y la temperatura de éste tiende a aumentar, pudiendo producirse daños irreversibles.

Existen diversos métodos para valorar el ambiente térmico en sus diferentes grados de agresividad.



**Fig. 1: Índices de valoración de ambiente térmico**

Para ambientes térmicos moderados es útil conocer el índice **PMV**, cuyo cálculo permite evaluar el nivel de confort o disconfort de una situación laboral (1).

Cuando queremos valorar el riesgo de estrés térmico se utiliza el **índice de sudoración requerida**, que nos da entre otros datos, el tiempo máximo recomendable, de permanencia en una situación determinada (2).

El índice **WBGT** (3), objeto de esta Nota Técnica, se utiliza, por su sencillez, para discriminar rápidamente si es o no admisible la

situación de riesgo de estrés térmico, aunque su cálculo permite a menudo tomar decisiones, en cuanto a las posibles medidas preventivas que hay que aplicar.

## Metodología

El índice **WBGT** se calcula a partir de la combinación de dos parámetros ambientales: la temperatura de globo **TG** y la temperatura húmeda natural **THN**. A veces se emplea también la temperatura seca del aire, **TA**.

Mediante las siguientes ecuaciones se obtiene el índice **WBGT**:

$$WBGT = 0.7 THN + 0.3 TG \text{ (I)}$$

(en el interior de edificaciones o en el exterior, sin radiación solar)

$$WBGT = 0.7 THN + 0.2 TG + 0.1 TA \text{ (II)}$$

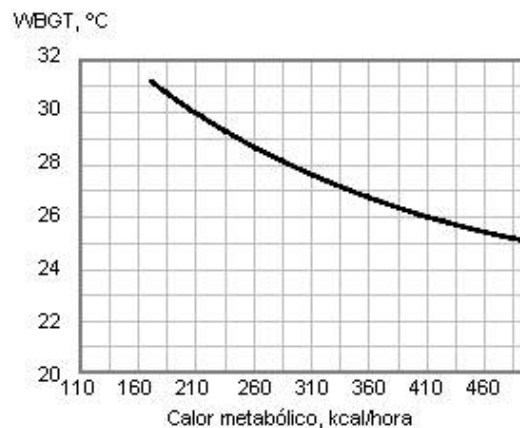
(en exteriores con radiación solar)

Cuando la temperatura no es constante en los alrededores del puesto de trabajo, de forma que puede haber diferencias notables entre mediciones efectuadas a diferentes alturas, debe hallarse el índice **WBGT** realizando tres mediciones, a nivel de tobillos, abdomen y cabeza, utilizando la expresión (III):

$$WBGT = \frac{WBGT \text{ (cabeza)} + 2 \times WBGT \text{ (abdomen)} + WBGT \text{ (tobillos)}}{4}$$

Las mediciones deben realizarse a 0.1 m, 1.1 m, y 1.7 m del suelo si la posición en el puesto de trabajo es de pie, y a 0.1 m, 0.6 m, y 1.1 m, si es sentado. Si el ambiente es homogéneo, basta con una medición a la altura del abdomen.

Este índice así hallado, expresa las características del ambiente y no debe sobrepasar un cierto valor límite que depende del calor metabólico que el individuo genera durante el trabajo (**M**).



**Fig. 2: Valores límite del índice WBGT (ISO 7243)**

Mediante lectura en la curva correspondiente, el máximo que puede alcanzar el índice WBGT según el valor que adopta el término **M**.

## Mediciones

Las mediciones de las variables que intervienen en este método de valoración deben realizarse prerentemente, durante los meses de verano y en las horas más cálidas de la jornada. Los instrumentos de medida deben cumplir los siguientes requisitos:

- **Temperatura de globo (TG):** Es la temperatura indicada por un sensor colocado en el centro de una esfera de las siguientes características:
  - 150 mm de diámetro.
  - Coeficiente de emisión medio: 90 (negro y mate).
  - Grosor: tan delgado como sea posible.
  - Escala de medición: 20 °C-120 °C.
  - Precisión:  $\pm 0,5$  °C de 20 °C a 50 °C y  $\pm 1$  °C de 50 °C a 120 °C.

**Temperatura húmeda natural (THN):** Es el valor indicado por un sensor de temperatura recubierto de un tejido humedecido que es ventilado de forma natural, es decir, sin ventilación forzada. Esto último diferencia a esta variable de la **temperatura húmeda psicrométrica**, que requiere una corriente de aire alrededor del sensor y que es la más conocida y utilizada en termodinámica y en las técnicas de climatización.

- El sensor debe tener las siguientes características:

- Forma cilíndrica.
- Diámetro externo de 6mm ±1 mm.
- Longitud 30mm ±5mm.
- Rango de medida 5 °C 40 °C.
- Precisión ±0,5 °C.
- La parte sensible del sensor debe estar recubierta de un tejido (p.e. algodón) de alto poder absorbente de agua.
- El soporte del sensor debe tener un diámetro de 6mm, y parte de él (20 mm) debe estar cubierto por el tejido, para reducir el calor transmitido por conducción desde el soporte al sensor.
- El tejido debe formar una manga que ajuste sobre el sensor. No debe estar demasiado apretado ni demasiado holgado.
- El tejido debe mantenerse limpio.
- La parte inferior del tejido debe estar inmersa en agua destilada y la parte no sumergida del tejido, tendrá una longitud entre 20 mm y 30 mm.
- El recipiente del agua destilada estará protegido de la radiación térmica.

**Temperatura seca del aire (TA):** Es la temperatura del aire medida, por ejemplo, con un termómetro convencional de mercurio u otro método adecuado y fiable.

- El sensor debe estar protegido de la radiación térmica, sin que esto impida la circulación natural de aire a su alrededor.
- Debe tener una escala de medida entre 20 °C y 60 °C (±1°C).

Cualquier otro sistema de medición de estas variables es válido si, después de calibrado, ofrece resultados de similar precisión que el sistema descrito (4).

## Consumo metabólico (M)

La cantidad de calor producido por el organismo por unidad de tiempo es una variable que es necesario conocer para la valoración del estrés térmico. Para estimarla se puede utilizar el dato del consumo metabólico, que es la energía total generada por el organismo por unidad de tiempo (potencia), como consecuencia de la tarea que desarrolla el individuo, despreciando en este caso la potencia útil (puesto que el rendimiento es muy bajo) y considerando que toda la energía consumida se transforma en calorífica.

El término **M** puede medirse a través del consumo de oxígeno del individuo, o estimarlo mediante tablas (5). Esta última forma, es la más utilizada, pese a su imprecisión, por la complejidad instrumental que comporta la medida del oxígeno consumido.

Existen varios tipos de tablas que ofrecen información sobre el consumo de energía durante el trabajo. Unas relacionan, de forma sencilla y directa, el tipo de trabajo con el término **M** estableciendo trabajos concretos (escribir a máquina, descargar camiones etc.) y dando un valor de **M** a cada uno de ellos. Otras, como la que se presenta en la tabla 2, determina un valor de **M** según la posición y movimiento del cuerpo, el tipo de trabajo y el metabolismo basal (6). Este último se considera de 1 Kcal / min como media para la población laboral, y debe añadirse siempre.

**Tabla 1: Valores límite de referencia para el índice WBGT (ISO 7243)**

Consumo metabólico Kcal/hora	WBGT límite °C			
	Persona aclimatada		Persona no aclimatada	
	v=0	v≠0	v=0	v≠0
≤ 100	33	33	32	32
100 ÷ 200	30	30	29	29
200 ÷ 310	28	28	26	26
310 ÷ 400	25	26	22	23
> 400	23	25	18	20

El consumo metabólico se expresa en unidades de potencia o potencia por unidad de superficie corporal. La relación entre ellas es la siguiente:

$$1 \text{ Kcal/hora} = 1,16 \text{ watos} = 0,64 \text{ watos/m}^2 \text{ (para una superficie corporal media de } 1,8 \text{ m}^2\text{)}.$$

## Variación de las condiciones de trabajo con el tiempo

Durante la jornada de trabajo pueden variar las condiciones ambientales o el consumo metabólico, al realizar tareas diferentes o en diferentes ambientes. En estos casos se debe hallar el índice **WBGT** o el **consumo metabólico**, ponderados en el tiempo, aplicando las expresiones siguientes:

$$WBGT = \frac{\sum_{i=1}^n WBGT_i \times t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} (V); \quad M = \frac{\sum_{i=1}^n M_i \times t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} (V);$$

Esta forma de ponderar sólo puede utilizarse bajo la condición de que:

$$\sum_{i=1}^n t_i \leq 60$$

Esto se debe a que las compensaciones de unas situaciones térmicas con otras no ofrecen seguridad en periodos de tiempos largos.

## Adecuación de regímenes de trabajo - descanso

Cuando exista riesgo de estrés térmico según lo indicado, puede establecerse un régimen de trabajo-descanso de forma que el organismo pueda restablecer el balance térmico. Se puede hallar en este caso la fracción de tiempo (trabajo-descanso) necesaria para que, en conjunto, la segura, de la siguiente forma:

$$ft = \frac{(A-B)}{(C-D)+(A-B)} \times 60 (\text{minutos / hora}) \quad (\text{VI})$$

Siendo:

- ft = Fracción de tiempo de trabajo respecto al total (indica los minutos a trabajar por cada hora)
- A = WBGT límite en el descanso (M < 100 Kcal/h.)
- B = WBGT en la zona de descanso
- C = WBGT en la zona de trabajo
- D = WBGT límite en el trabajo

Si se trata de una persona aclimatada al calor, que permanece en el lugar de trabajo durante la pausa, la expresión (VI) se simplifica:

$$ft = \frac{33-B}{33-D} \times 60 (\text{minutos / hora}) \quad (\text{VII})$$

Cuando  $B \geq A$ , las ecuaciones VI y VII no son aplicables.

Esta situación corresponde a un índice **WBGT** tan alto, que ni siquiera con un índice de actividad relativo al descanso (< 100 kcal 1 hora) ofrece seguridad. Debe adecuarse un lugar mas fresco para el descanso, de forma que se cumpla  $B < A$ .

## Limitaciones a la aplicación del método

La simplicidad del método hace que esté sujeto a ciertas limitaciones, debidas a las obligadas restricciones en algunas variables. Así por ejemplo, la curva límite sólo es de aplicación a individuos cuya vestimenta ofrezca una resistencia térmica aproximada de 0,6 clo, que corresponde a un atuendo veraniego.

**La velocidad del aire:** Sólo interviene a partir de cierto valor del consumo metabólico y de forma cualitativa, aumentando 1 ó 2 °C los límites del índice **WBGT**, cuando existe velocidad de aire en el puesto de trabajo. Ver tabla 1

Los límites expresados en la figura 1 sólo son válidos para individuos sanos y aclimatados al calor. La **aclimatación** al calor es un proceso de adaptación fisiológica que incrementa la tolerancia a ambientes calurosos, fundamentalmente por variación del flujo de sudor y del ritmo cardíaco. La aclimatación es un proceso necesario, que debe realizarse a lo largo de 6 ó 7 días de trabajo, incrementando poco a poco la exposición al calor.

**A.C.G.I.H. (6)**, que adopta este método como criterio de valoración de estrés térmico y presenta una curva límite (TLV) similar, pero añadiendo además otra para individuos no aclimatados, bastante más restrictiva.

Cuando la situación de trabajo no se adapte al campo de aplicación del método, es decir, que la velocidad del aire o el vestido sean muy diferentes de lo indicado, debe recurrirse a métodos más precisos de valoración (1) y (2).

## Ejemplo de aplicación

Supongamos una situación de trabajo caracterizada por una temperatura de globo de **40 °C** y temperatura húmeda natural de **29 °C**, en la que un individuo aclimatado al calor y con indumentaria veraniega (0,5 clo), descarga un horno que trabaja en continuo, secando piezas que circulan por su interior, las cuales pesan 10 Kg. Una vez descargada la pieza debe dejarla en un lugar cercano para que posteriormente otra persona proceda a su almacenamiento.

El ciclo de trabajo (mínimo conjunto de tareas que se repiten de forma ordenada a lo largo de la jornada y que constituye el trabajo habitual del individuo) se puede desglosar de la siguiente forma:



1. Descolgar y transportar la pieza	10 seg..... 27% del tiempo total
2. Volver caminando a la cadena	7 seg..... 19% del tiempo total
3. Esperar de pie la siguiente pieza	20 seg..... 54% del tiempo total
TOTAL DEL CICLO: 37 seg. .... 100%	

El cálculo del término M podría hacerse con ayuda de la Tabla 2 de la forma siguiente:

**Tabla 2: Estimación del consumo metabólico M (ACGIH)**

1. Descolgar y transportar la pieza	Andando..... 2,0 kcal/min Trabajo pesado con ambos brazos..... 2,5 kcal/min
2. Volver caminando a la cadena	Andando..... 2,0 kcal/min
3. Esperar de pie la siguiente pieza	De pie..... 0,6 kcal/min

A. Posición y movimiento del cuerpo			
			Kcal/min
Sentado			0,3
De pie			0,6
Andando			2,0 - 3,0
Subida de una pendiente andando			añadir 0,8 por m de subida
B. Tipo de trabajo			
		Media Kcal/min	Rango Kcal/min
Trabajo manual	Ligero	0,4	0,2 - 1,2
	Pesado	0,9	
Trabajo con un brazo	Ligero	1,0	0,7 - 2,5
	Pesado	1,7	
Trabajo con dos brazos	Ligero	1,5	1,0 - 3,5
	Pesado	2,5	
Trabajo con el cuerpo	Ligero	3,5	2,5 - 15,0
	Moderado	5,0	
	Pesado	7,0	
	Muy pesado	9,0	

Teniendo en cuenta la distribución de tiempos y el Metabolismo Basal considerado de 1 Kcal/min,  $M = 4,5 \text{ Kcal/min} \times 0,27 + 2 \text{ Kcal/min} \times 0,19 + 0,6 \text{ Kcal/min} \times 0,54 + 1 \text{ Kcal/min} = 2,92 \text{ Kcal/min} = 175 \text{ Kcal/h}$

El índice WBGT calculado según las temperaturas indicadas y la ecuación (I), resulta ser de 32,3°C, mientras que el WBGT límite para el consumo metabólico determinado, es según indica la gráfica 1 de 30 °C, por lo que existe una situación de riesgo no admisible de estrés térmico en estas condiciones y según este método.

Si queremos aplicar al puesto, un régimen de trabajo-descanso, para disminuir el riesgo:

$$\text{WBGT (límite) descansando} = 31 \text{ °C (tabla 1)}$$

Si el periodo de descanso lo realiza en las inmediaciones del puesto de trabajo, el índice WBGT es el mismo por lo que, WBGT descansado = 32,3 °C.

Aplicando la ecuación VII:

$$ft = \frac{33 - 32,3}{33 - 30} \times 60 = 14 \text{ minutos de trabajo por hora}$$

Si por el contrario descansa en un lugar más fresco, cuyo WBGT fuera por ejemplo, de 27 °C, aplicando la ecuación VI:

$$ft = \frac{(33 - 27)}{(32,3 - 31) + (33 - 27)} \times 60 = 49 \text{ minutos de trabajo por hora}$$

## Bibliografía

(1) ISO 7730. 1984 y revisión 1992

**Ambiances thermiques modérés. Determination des indices PMV et PPD et specification des conditions de confort thermique**



(2) ISO 7933. 1989

**Ambiances thermiques chaudes. Determination analytique et interpretation de la contrainte thermique fondées sur le calcul de la sudation requise**

(3) ISO 7243. 1989

**Hot environments. Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT index (Wet bulb globe temperatures)**

(4) ISO 7726. 1985

**Ambiances thermiques. Appareils et méthodes de mesure des caractéristiques physiques de l'environnement**

(5) ISO/DIS 8996

**Determination du métabolisme énergétique**

(6) American Conference of Governmental Industrial Hygienists

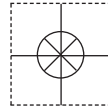
**Threshold limits values and Biological exposure indices of 1992-93**

Cincinnati. A.C.G.I.H. 1992

## **ANEXO 8 – HOJAS TECNICAS DE EQUIPOS DE MEDICION**

**2 YEAR**  
WARRANTY

MADE IN  
**USA**



# User's Guide



*Shop online at*

**omega.com<sup>®</sup>**

Ω OMEGA<sup>®</sup>

*omega.com*

*e-mail: info@omega.com*

*For latest product manuals:  
omegamanual.info*

**ISO 9001**  
CERTIFIED  
CORPORATE QUALITY

STAMFORD, CT

**ISO 9001**  
CERTIFIED  
CORPORATE QUALITY

MANCHESTER, UK

# CTXL High Performance Universal Portable Circular Chart Supere recorder™



<b>OMEGAnet® Online Service</b> <b>omega.com</b>	<b>Internet e-mail</b> <b>info@omega.com</b>
---	---

### **Servicing North America:**

**U.S.A.:** ISO 9001 Certified Omega Engineering, Inc., One Omega Drive, P.O. Box 4047  
Stamford, CT 06907-0047 USA  
Toll Free: 1-800-826-6342 TEL: (203) 359-1660  
FAX: (203) 359-7700 e-mail: info@omega.com

**Canada:** 976 Bergar  
Laval (Quebec), H7L 5A1 Canada  
Toll-Free: 1-800-826-6342 TEL: (514) 856-6928  
FAX: (514) 856-6886 e-mail: info@omega.ca

### **For immediate technical or application assistance:**

**U.S.A. and Canada:** Sales Service: 1-800-826-6342/1-800-TC-OMEGA®  
Customer Service: 1-800-622-2378/1-800-622-BEST®  
Engineering Service: 1-800-872-9436/1-800-USA-WHEN®

**Mexico/  
Latin America** En Español: 001 (203) 359-7803 FAX: 001 (203) 359-7807  
info@omega.com.mx e-mail: espanol@omega.com

### **Servicing Europe:**

**Benelux:** Managed by the United Kingdom Office  
Toll-Free: 0800 099 3344 TEL: +31 20 347 21 21  
FAX: +31 20 643 46 43 e-mail: sales@omegaeng.nl

**Czech Republic:** Frystatska 184  
733 01 Karviná, Czech Republic  
Toll-Free: 0800-1-66342 TEL: +420-59-6311899  
FAX: +420-59-6311114 e-mail: info@omegashop.cz

**France:** Managed by the United Kingdom Office  
Toll-Free: 0800 466 342 TEL: +33 (0) 161 37 29 00  
FAX: +33 (0) 130 57 54 27 e-mail: sales@omega.fr

**Germany/Austria:** Daimlerstrasse 26  
D-75392 Deckenpfronn, Germany  
Toll-Free: 0800 6397678 TEL: +49 (0) 7056 9398-0  
FAX: +49 (0) 7056 9398-29 e-mail: info@omega.de

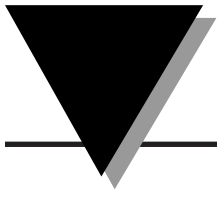
**United Kingdom:** ISO 9001 Certified OMEGA Engineering Ltd.  
One Omega Drive, River Bend Technology Centre, Northbank  
Irlam, Manchester M44 5BD United Kingdom  
Toll-Free: 0800-488-488 TEL: +44 (0) 161 777-6611  
FAX: +44 (0) 161 777-6622 e-mail: sales@omega.co.uk

---

It is the policy of OMEGA Engineering, Inc. to comply with all worldwide safety and EMC/EMI regulations that apply. OMEGA is constantly pursuing certification of its products to the European New Approach Directives. OMEGA will add the CE mark to every appropriate device upon certification. The information contained in this document is believed to be correct, but OMEGA accepts no liability for any errors it contains, and reserves the right to alter specifications without notice.  
**WARNING:** These products are not designed for use in, and should not be used for, human applications.

	<b>Page</b>
<b>Chapter 1 Introduction .....</b>	<b>1-1</b>
1.1 Parts of the Recorder .....	1-2
1.2 Membrane Keypad & Display Functions .....	1-6
<b>Chapter 2 Setting Up the Recorder .....</b>	<b>2-1</b>
2.1 Placing the Recorder on the Bench Top .....	2-1
2.2 Mounting the Recorder on the Wall .....	2-3
2.3 Using Batteries .....	2-4
2.3.1 Installing Batteries .....	2-4
2.3.2 Connecting ac power .....	2-5
2.4 Installing the Chart Paper .....	2-6
2.4.1 Changing Chart Speed & Scale .....	2-6
2.5 Installing and Removing Pens .....	2-7
2.5.1 Installing the Pens .....	2-7
2.5.2 Removing the Pens .....	2-9
2.6 Setting Alarms and Time Clock .....	2-10
2.7 Reviewing Parameter Values .....	2-12
2.8 Using the Remote Sensor Cable - Temperature/Humidity Model .....	2-13
2.9 Using the Sensor Clip .....	2-14
2.10 Open/Out Range Input .....	2-15
2.11 Pen Jamming .....	2-15
2.12 Pen Re-Scaling .....	2-15
2.13 Chart Lights & Display Back Light .....	2-16
2.14 Lock/Unlock Keypad Functions (White Box) .....	2-16
2.15 pH & RTD Input Chart Recorder .....	2-16
<b>Chapter 3 PC Interface Software .....</b>	<b>3-1</b>
3.1 Get Display Data In Real Time .....	3-1
3.2 Re-scaling One or Both Pens on Chart Paper .....	3-2
3.3 Download Stored Chart Data from Recorder to PC .....	3-3
3.4 Humidity Probe Calibration Procedure (CTXL-TRH) .....	3-4
3.5 Changing Thermocouple Input Type (CTXL-DTC) .....	3-5
3.6 Changing Process Voltage Input Range (CTXL-DPR-V) .....	3-5
3.7 Changing Process Current Input Range (CTXL-DPR-I).....	3-6
3.8 PC User Application, CTXL-TRH .....	3-6
3.9 PC User Application, CTXL-DPR .....	3-11
3.10 PC User Application, CTXL-DTC .....	3-16
3.11 PC User Application, CTXL-PH .....	3-22
<b>Chapter 4 Specifications .....</b>	<b>4-1</b>
4.1 General .....	4-1
4.2 Temperature/Humidity Model .....	4-3
4.3 Dual Thermocouple Input Model .....	4-4
4.4 Dual Process Input Model .....	4-5
4.5 pH & RTD Input Model .....	4-6
<b>Chapter 5 Maintaining the Recorder .....</b>	<b>5-1</b>
5.1 General Considerations .....	5-1
<b>Chapter 6 List of Accessories and Chart Papers .....</b>	<b>6-1</b>
<b>Chapter 7 Troubleshooting the Recorder .....</b>	<b>7-1</b>
<b>Chapter 8 Wireless Temperature/Humidity Chart Recorder .....</b>	<b>8-1</b>
<b>Index .....</b>	<b>I</b>

<b>Figure</b>	<b>Description</b>	<b>Page</b>
1-1	Front and Side Views of the Recorder - Temperature/Humidity Model .....	1-2
1-2	Wiring Diagram, Dual Process Input Model, CTXL-DPR .....	1-4
1-3	Rear and Side Views .....	1-5
1-4	Front and Side Views of the Recorder - Dual Thermometer Model .....	1-5
1-5	Front View of the Recorder - Dual Process Input Model .....	1-5
1-6	Membrane Keypad and Display Functions .....	1-6
2-1	Foot Cover Removal .....	2-1
2-2	Swiveling Stabilizing Arm .....	2-2
2-3a	Stabilizing Arm Use for Bench Top Use (Normal Position) .....	2-2
2-3b	Stabilizing Arm in Extended Position (Position When You Open Door) .....	2-2
2-4a	Installing the Foot Cover (Top View) .....	2-3
2-4b	Installing the Foot Cover (Side View) .....	2-3
2-5	Battery Compartment and Battery Orientation .....	2-4
2-6	Battery Warnings .....	2-5
2-7	Changing Chart Speed and Scale Flow Diagram .....	2-6
2-8	Changing Chart Paper and Setting the Time .....	2-7
2-9	Offset Alignment of Pens (For Ease of Pen Installation) .....	2-7
2-10	Vertical Alignment of Pens (Pens Can't Be Inserted) .....	2-8
2-11	Post Location for Pen Caps .....	2-8
2-12	Pen Installation .....	2-9
2-13	Pen Removal .....	2-9
2-14	Setting Alarms and Time Clock .....	2-10
2-15	Relay Terminal Block Wiring Diagram .....	2-11
2-16	Reviewing Parameter Values .....	2-12
2-17	Using the Remote Sensor Cable .....	2-13
2-18	Using the Sensor Clip for Mounting Sensor in a Remote Location .....	2-14
2-19	pH Probe/RTD Connections .....	2-16
3-1	Main Window Screen .....	3-7
3-2	Settings Menu - General Tab Screen .....	3-8
3-3	Settings Menu - Strip Chart Tab Screen .....	3-9
3-4	Settings Menu - Re-scale/Calibrate/Memory Tab Screen ...	3-10
3-5	Main Window Screen .....	3-12
3-6	Settings Menu - General Tab Screen .....	3-13
3-7	Settings Menu - Strip Chart Tab Screen .....	3-14
3-8	Settings Menu - Re-scale/Calibrate/Memory Tab Screen ...	3-15



- 3-9 Main Menu Screen ..... 3-17
- 3-10 Settings Menu - General Tab Screen ..... 3-18
- 3-11 Settings Menu (Strip Chart Tab0 Screen ..... 3-19
- 3-12 Settings Menu (Re-scale/Calibrate/Memory Tab) Screen ....3-20
- 3-13 Typical Data File Screen ..... 3-21
- 3-14 Main Menu Screen ..... 3-23
- 3-15 Settings Menu - General Tab Screen ..... 3-24
- 3-16 Settings Menu (Strip Chart Tab) Screen ..... 3-25
- 3-17 Settings Menu (Re-scale/Calibrate/Memory Tab) Screen ... 3-26
- 4-1 Using Internal Excitation to Power External Transmitters  
(CTXL-DPR) ..... 4-5
- 8-1 Temperature/Humidity Wireless Transmitter, General  
Dimensions, Labels and Descriptions ..... 8-2
- 8-2 Battery Location in the Wireless Transmitter ..... 8-2
- 8-3 Temperature/Humidity Wireless Receiver, General  
Dimensions, Labels and Descriptions ..... 8-3
- 8-4 Mounting Bracket Plate General Dimensions ..... 8-3
- 8-5 Wireless Transmitter Mounting Bracket Assembly ..... 8-4
- 8-6 Wireless Transmitter Mounting Bracket Assembly For  
Tripod Assembly ..... 8-4
- 8-7 Transmitter Mounting Bracket With DIN Rail Mount ..... 8-4
- 8-8 Wireless Transmitter, Main Menu ..... 8-5
- 8-9 Wireless Receiver, Main Menu ..... 8-6
- 8-10 Settings Menu - Transmitter/Receiver ..... 8-7



## **CAUTION & SAFETY INFORMATION**

If the equipment is used in a manner not specified in this manual, the protection provided by the equipment may be impaired.

The Installation category is one (1).

There is no user replaceable fuse in this product.

The output terminals of this product are for use with equipment (digital meters, chart recorders, etc.) which have no accessible live parts. Such equipment should comply with all the applicable safety requirements.

Do not operate the equipment in flammable or explosive environments.

Power must be disconnected before making any electrical connections.

A recommended DC adaptor is included with this product, 9 Vdc @ 1.7 A.

## **SAFETY WARNINGS AND IEC SYMBOLS**

This device is marked with international safety and hazardous symbols in accordance with IEC1010. It is important to read and follow all the precautions and instructions in this manual before operating or commissioning this device as it contains important information relating to safety and EMC. Failure to follow all the safety precautions may result in injury and/or damage to your equipment.

**IEC Symbol**

**Description**



Caution - Refer to the accompanying document(s).



Direct Current



This advanced Universal Circular Chart SUPERRECORDER™ monitors and records data on a 1, 7, or 32 Days chart. The microprocessor based portable recorder provides many powerful and practical features as follows:

- Four models are offered:
  - Temperature/Relative Humidity –TRH [-17 to 49°C (2 to 120°F) & 2 to 98% RH]
  - Dual Thermocouple Input –DTC [ J , K , or T type TC ]
  - Dual Process Input –DPR [ (0-1, 0-5, 0-10) VDC, (0-20, 4-20) mA ]
  - pH and RTD Input - pH
- 203 mm (8") Chart paper for 1, 7, or 32 Day recording
- Custom backlit LCD display shows two channels simultaneously
- Membrane keypad provides full access to all functions of the recorder
- Minimum, Maximum, and Average values are monitored and can be displayed
- Chart data is stored in non-volatile memory
- Chart paper can be re-scaled from the PC via RS232 interface
- Temp/RH sensor probe can be up to 12.2 m (40 feet) away from the recorder without any sacrifice in performance
- Universal Female Thermocouple Connector accepts either a sub-miniature or standard male connector as inputs.
- Battery as well as ac power operation.
- Battery icon displays the status of the battery voltage
- High & Low alarm points set via keypad
- Audible & visual alarms with built-in Relay contacts
- Additional two drive lines to power external Relays
- Wall Mount or Bench top Mount
- Built-in Real time Clock to monitor two channels vs. time
- Electronic Lock/Unlock key for unauthorized access
- RS232 Computer interface allows downloading of recorded chart data to PC
- Recorder comes with two built-in chart lights, and time reference arrow
- Decorative Foot cover for wall mounting
- Double sided Linear Radial Chart Paper

## 1.1 Parts of the Recorder

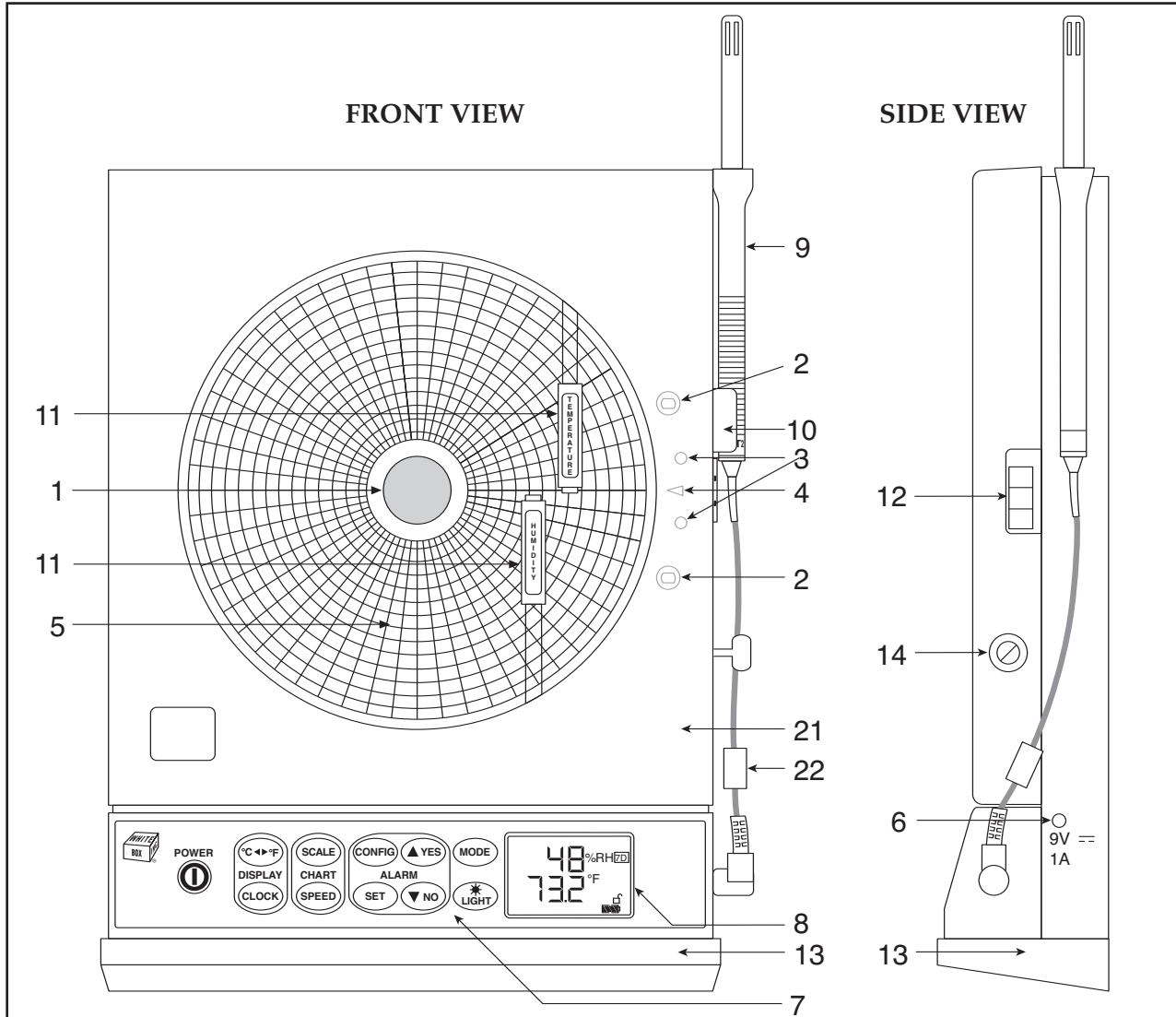


Figure 1-1. Front and Side Views of the Recorder - Temperature/Humidity Model

Item	Description	Function
1	Chart Paper Knob (magnetic)	Holds chart paper in place.
2	Chart Lights	Lights up the chart paper. The light comes on for 3 seconds in battery mode and permanently in ac adapter mode.
3	Pen Cap Posts	Holds the loose pen caps.
4	Time Reference Arrow	Helps align the time on the new chart paper with the actual time.
5	Chart Paper	Linear Radial Double sided charts are available for 1, 7, and 32 day recording. See the inside back cover for a detailed list of paper available.

---

6	ac Power Jack	Allows the unit to be powered from ac power using the universal 100/240 Vac adapter supplied.
7	Membrane Keypad	Provides full access to all functions of the recorder.
8	Backlit LCD Display	Displays temperature and relative humidity values simultaneously.
9	Temperature/Humidity Sensor	Houses the electronic sensor which measures ambient temperature and relative humidity (CTXL-TRH only).
10	Sensor Holder (clip)	Holds the temperature/humidity probe to the side of the recorder (CTXL-TRH only).
11	Pen Arm and Holder (2 each)	Holds and moves the temperature and humidity pens. Upper pen, Temperature or Channel 1 Lower pen, Humidity or Channel 2
12	Latch Button	Releases and secures the recorder's door.
13	Decorative Foot Cover	Stays in place for wall-mounting the recorder. The cover must be removed for upright bench-top use (otherwise the recorder topples over)!
14	Door Key	It locks/unlocks the chart door.
15	"Keyhole" Slot Mounting Holes	Allows the recorder to be mounted on the wall.
16	Carrying Slot	Allows the user to carry the recorder conveniently.
17	Product Label	Product information label.
18	Alarm/Relay Terminal Block	Allows the user to connect to built-in relay contacts or power external mechanical relays.
19	Battery Compartment	Holds 4 "D" size batteries which provide power if the ac adapter is not used, or provide power backup in case of ac power failure.
20	RS232 Connection	Serial PC interface
21	Recorder Door	It contains pen drive mechanisms. Open the door to change chart paper.
22	Ferrite Core	Attach the snap-on Ferrite Core (included) on the Sensor Probe cable to minimize RF radiation emission.
23	Thermocouples	Beaded Thermocouples with Mini-Spool Cappies.
24	Universal TC Connector (2 each)	Allows thermocouple probes to be connected through a sub-mini or standard TC connector for Channel 1 and Channel 2 inputs
25	Cable with Stripped Leads	Cable for Channel 1 and Channel 2 process input connections
26	Process Input Connectors	6 Pin Mini DIN Connector for voltage current input

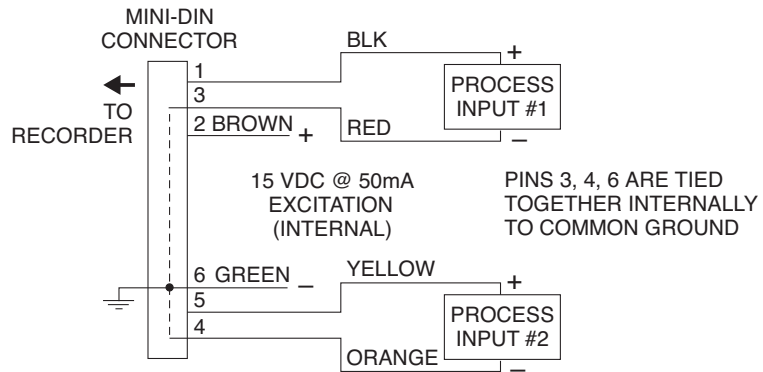


Figure 1-2. Wiring Diagram, Dual Process Input Model, CTXL-DPR

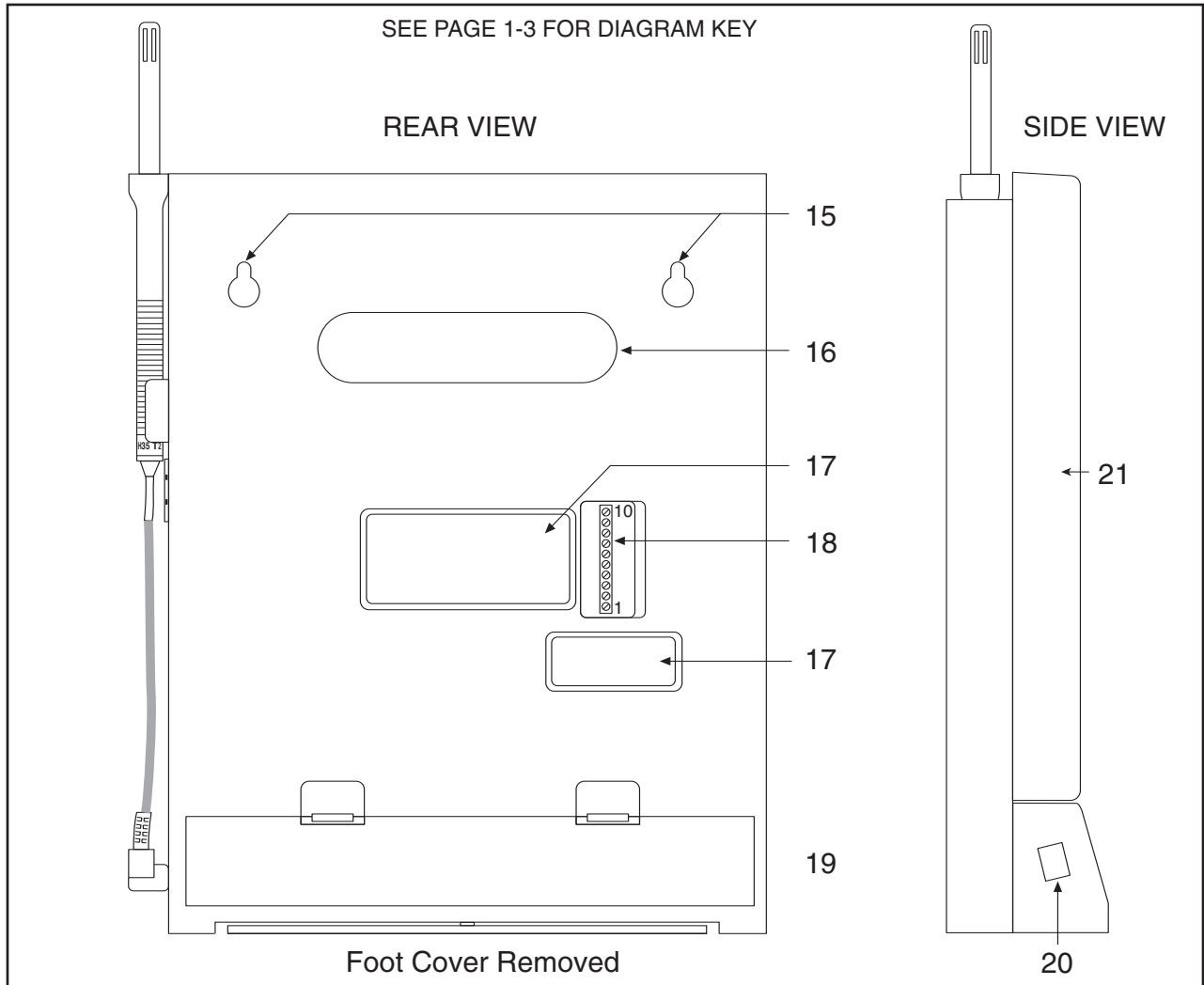


Figure 1-3. Rear and Side Views

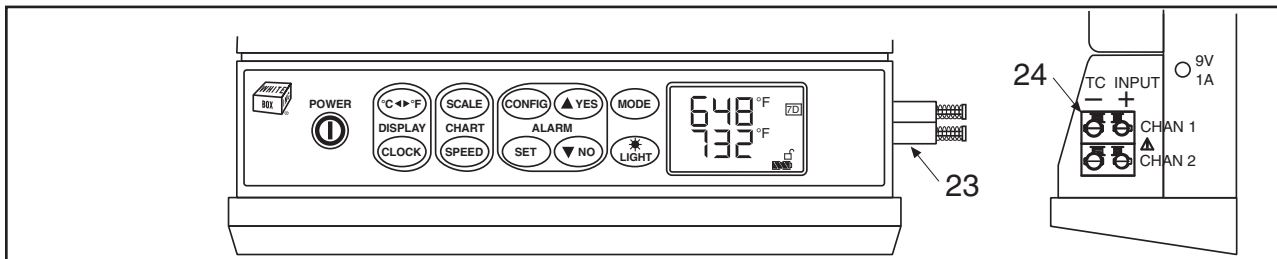


Figure 1-4. Front and Side Views of the Recorder - Dual Thermocouple Model

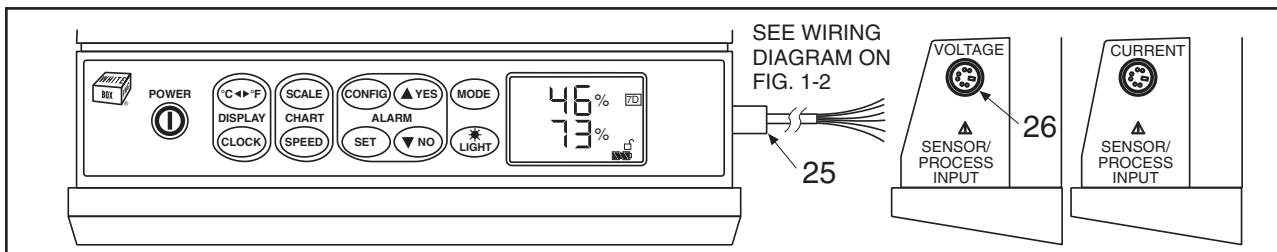
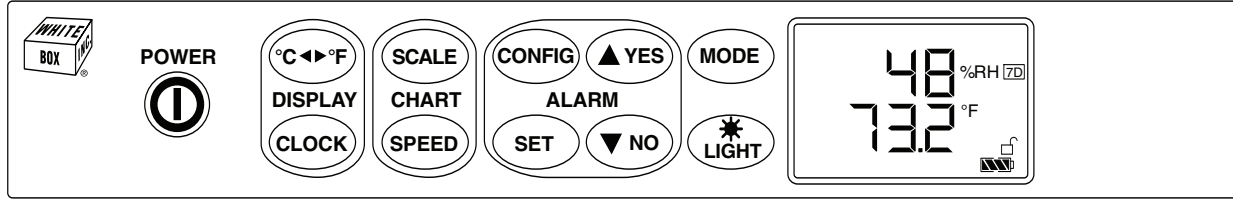


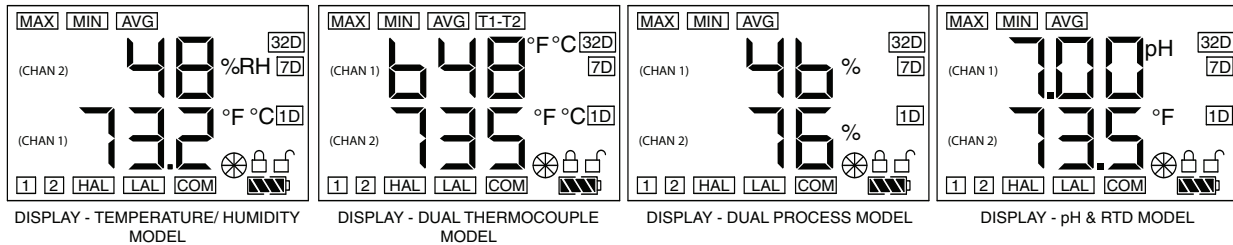
Figure 1-5. Front View of the Recorder - Dual Process Input Model

## 1.2 Membrane Keypad and Display Functions



### MEMBRANE KEYPAD

- POWER**  
 Turns ON/OFF the recorder
- Changes temperature display from °F to °C or vice versa (Not used on CTXL-DPR)
- Displays Real Time Clock for 3 seconds
- Sets the Chart Scale to °F & RH or °C & RH (Not used on CTXL-DTC and CTXL-DPR)
- Sets the Chart Speed to 1,7, or 32 Day chart
- Configuration Menu - Sets Low , High Alarms & Time Clock (Sec. 2-6)
- Enables/disables low & high alarms (Sec. 2-6)
- Increments set values
- Decrements set values
- Mode Menu- Displays Max, Min, Average values (Sec. 2-7)
- Turns on/off Chart Lights & Display backlight (Sec. 2-13)
- Locks/unlocks the Keypad Functions (Sec. 2-14)



- MAX** Displays Maximum values of two channels
- MIN** Displays Minimum values of two channels
- AVG** Displays Average values of two channels
- 32D** Turns on when Chart Speed is set to 32 Days
- 7D** Turns on when Chart Speed is set to 7 Days
- 1D** Turns on when Chart Speed is set to 1 Day
- RH** Displays % Relative Humidity
- °F** Displays Temperature in °F
- °C** Displays Temperature in °C
- %** Displays percentage (0-100%)  
Dual Process Input Model
- Turns on when Chart is not set to standard scale  
Flashes when pens are jammed
- Turns on when Keypad functions are locked
- Turns on when Keypad functions are unlocked
- Displays Battery life status (Sec. 2-3)
- 1** Refers to Channel (1)
- 2** Refers to Channel (2)
- HAL** Turns on or flashes when in High alarm condition
- LAL** Turns on or flashes when in Low alarm condition
- COM** Turns on when communicating thru RS232
- T1-T2** Displays Differential temperature  
Dual Thermocouple Model only

Figure 1-6. Membrane Keypad and Display Functions

## 2.1 Placing the Recorder on the Bench Top

Figure 2-1 shows the removal of the decorative foot cover.

1. Place the recorder on its back (so it is face up).
2. Remove the clip-on foot cover by lifting up on the cover and releasing it from the stabilizing arm at the bottom of the recorder. This exposes the rubber feet and stabilizing arm. The rubber feet protect the bench top surface.

**CAUTION**

DO NOT ATTEMPT TO SET THE RECORDER UPRIGHT ON THE BENCH WHEN THE CLIP-ON FOOT COVER IS IN PLACE. THE RECORDER WILL TOPPLE OVER.

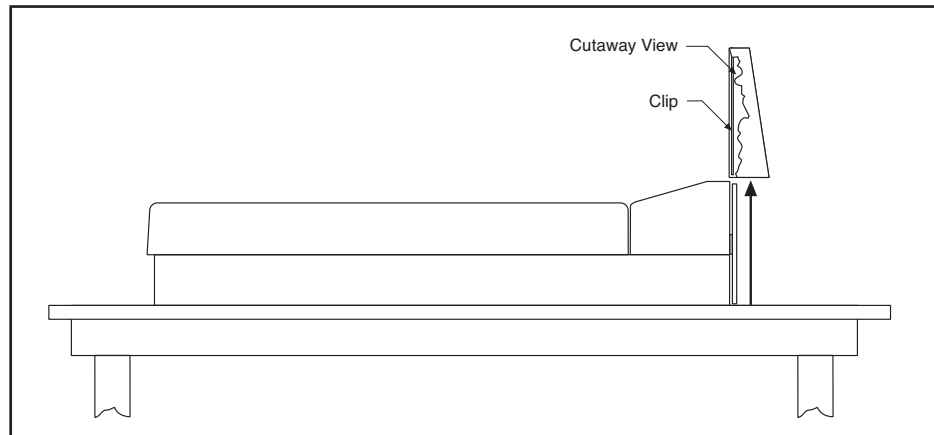


Figure 2-1. Foot Cover Removal

3. Swing out the stabilizing arm and extend it towards you. Figure 2-2 shows how to swing out the stabilizing arm. Make sure the slot in the stabilizing arm extends out the rear of the recorder.

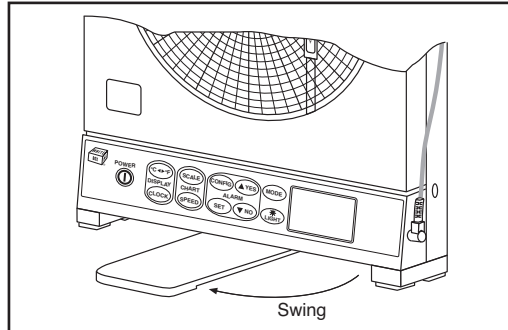


Figure 2-2. Swiveling Stabilizing Arm

**NOTE**

When the recorder is in normal operating position (chart door is closed), the stabilizing arm should be pushed to middle position (the bumps on the arm will click in place under the recorder). Refer to Figure 2-3a.

Before opening the chart door, pull the stabilizing arm out to its full extension position to provide full stability. Refer to Figure 2-3b. After closing the door, return the arm to its middle position. Refer to Figure 2-3a.

Note that the arm extends towards the front or rear of the case. If the unit is placed on a bench top snug against the wall, extend the stabilizing arm fully to the front of the unit. Refer to Figure 2-3b.

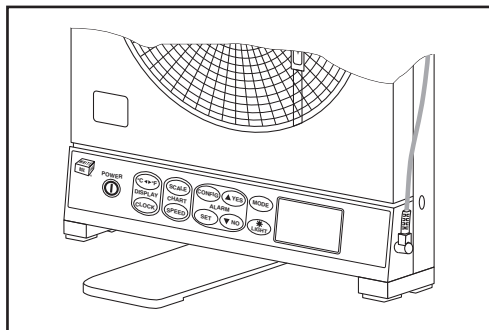


Figure 2-3a. Stabilizing Arm Use for Bench Top Use (Normal Position)

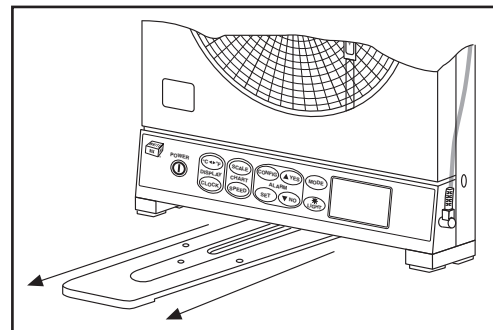


Figure 2-3b. Stabilizing Arm in Extended Position (Position When You Open Door)



## 2.2 Mounting the Recorder on the Wall

To mount the recorder on the wall, first locate the wall mounting holes using the template provided in the wall mounting kit. Leave the decorative foot cover (Figure 1-1, item #18) in place\*. After drilling the holes, insert the wall anchors and put in the screws, leaving  $\frac{1}{8}$  inch (3 mm) between the screw heads and the wall. Hang the recorder by positioning the two (2) "keyholes" in the rear cover over the screw heads.

\* If the decorative foot cover is not in place, go through the following steps to reinstall the cover (if desired):

1. Place the recorder on the table (so it is front face up).
2. Roughly position the foot cover so the clips are in line with the stabilizing arm. Gently "stretch" the clips out and position over the arm as shown in Figure 2-4a.
3. Once the clips are in place, gently slide down until the foot cover is even with the front of the recorder as shown in Figure 2-4b.

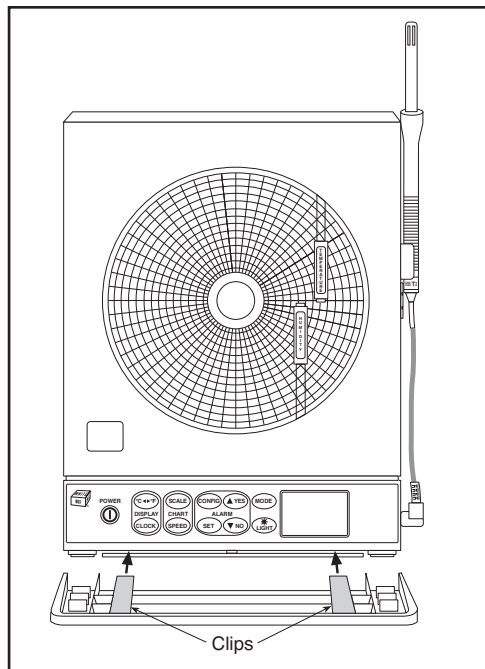


Figure 2-4a. Installing the Foot Cover (Top View)

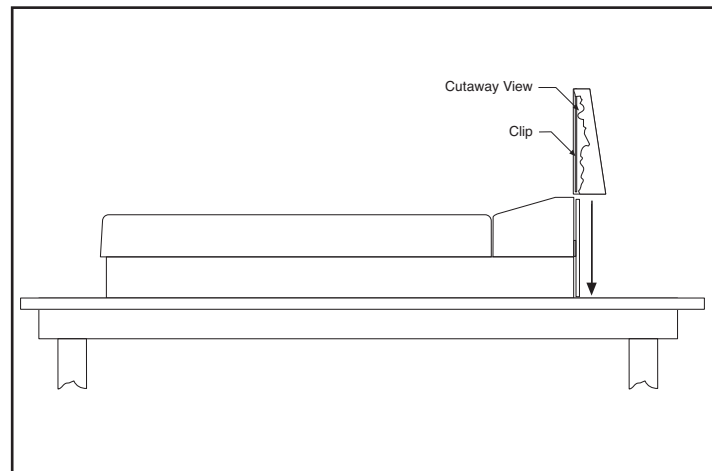


Figure 2-4b. Installing the Foot Cover (Side View)

# Microtherm



## Heat Stress WBGT



## Introduction

The Microtherm WBGT from Casella CEL is an ergonomically designed, compact, and rugged instrument designed to monitor heatstress potential of personnel in hot working environments in accordance with ISO 7243. It is the first heat stress meter that offers real-time graphical display of data and also features an audible/visual alarm which allows the operator to make rapid decisions if required. PC software for retrospective data analysis is included.

### What is Heat Stress?

Workers exposed to hot working environments can be susceptible to heatstress, when the core body temperature rises to dangerous or hazardous levels. This can result in physiological symptoms like heatcramps, nausea, palpitations, stroke and possibly death. An overall estimation of heat stress levels on the body can be measured by utilising the Wet Bulb Globe Temperature Index (WBGT). This combines the measurement of three parameters; natural wet bulb temperature (tnw), globe temperature (tg) and air temperature (ta), applied to the following formulae for both indoor and outdoor environments:

$$\text{WBGT (Indoor)} = 0.7\text{tnw} + 0.3\text{tg}$$

$$\text{WBGT (Outdoor)} = 0.7\text{tnw} + 0.2\text{tg} + 0.1\text{ta}$$

The data collected for these values are compared to reference values (as defined by the standard and appropriate "work rest" regimes) can then be adopted in the workplace or more detailed medical analysis undertaken.

## Key Features

- Large LCD graphics display
- Real-time display
- Full data-logging facilities as standard
- Low water level warning
- Audible / visual alarm for WBGT levels
- %RH and dewpoint calculation
- Ergonomic design
- Long battery life
- 10m extension cables available
- PC software included
- Meets requirements of ISO 7243
- Automatic calculation of work rest regimes via PC software
- Tripod mounting for meter and remote sensor array



Sensor array

## Applications

- Power Stations
- Foundries
- Steel works
- Bakeries
- Glass manufacturing
- Routine monitoring
- Medical surveillance testing

## Operation

The WBGT meter measures simultaneously from three PRTD sensors for Wet Bulb, Dry Bulb and Globe Temperatures. Sensors are manufactured to high accuracy standards: BS EN60751 and DIN 43760.

Processed data values include:

- WBGT (indoor and outdoor)
- 1 Hour (TWA) WBGT values
- Relative Humidity (%)
- Dewpoint

Sensors can be used either attached directly on the body of the unit (figure 1), or remotely via 10m extension cables (figure 2). Both the electronic unit and sensor array can be tripod mounted (tripod not included).



Figure 1



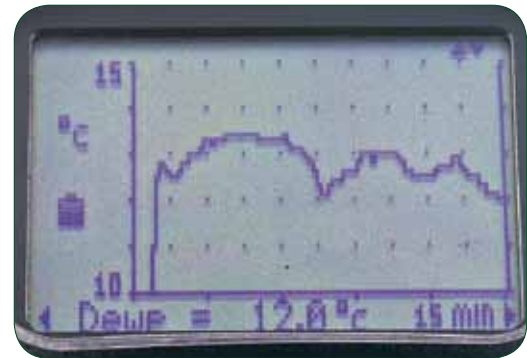
Figure 2

## Display

The Microtherm WBGT incorporates a large 128 x 64 pixel graphics LCD with backlight, capable of displaying data in two modes;

### Graphical Representation

The Microtherm WBGT is the first area heat stress instrument to offer a real-time scrolling graph of the temperature parameters being measured. This display can be shown over variable time bases of 15, 30, 60 & 120 minutes. This allows the user to assess how the environment is changing over time, without having to download to a PC.



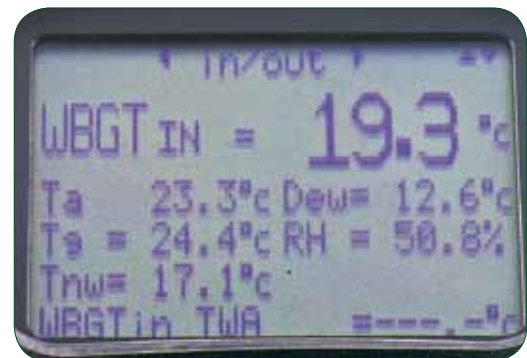
Graphical Display

### Numerical Values

Instantaneous values for all parameters are displayed, combined with the hourly rolling average values.

### Alarm

An adjustable alarm threshold may be defined for one selected data channel: WBGT<sub>tw</sub>, WBGT, Ta or OFF. An audible alarm and flashing visual message on the display screen provides warning of exceedence of the threshold.



Numerical Real-Time Display

## Operation

### Simple Keypad Operation

The Microtherm WBGT has been designed with a simple, easy to use menu structure for the displaying of information, instrument configuration and retrieval of data. The access of this menu via the touch keypad and screen prompts, ensures ease of use for the operator.

### Software

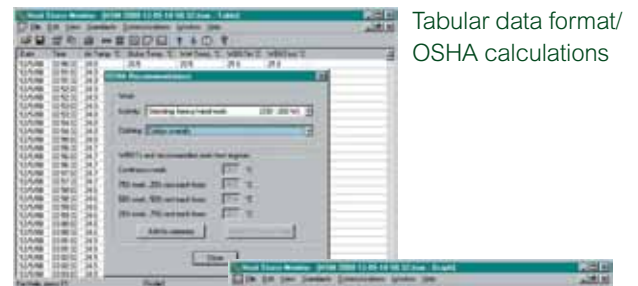
The software (WinHSM) provides an interface for data collection to PC for retrospective analysis. It produces graphical and tabular reports which can easily be imported into other applications. Summary and WBGT Heat Stress Index reports can also be generated.

Work rest regimes are calculated, Clothing (Clo) correction factors, and metabolic rates can be entered in accordance with OSHA and ISO 7243.

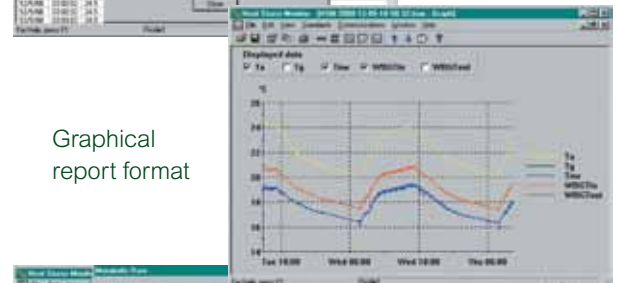
Data can also be viewed "live" by selection of the real-time option whilst connected to the PC.

### Calibration

Calibration of the Microtherm WBGT is performed against an internal reference prior to every single measurement. This ensures a high accuracy for each of the temperature sensors and eliminates the need for annual recalibration. Sensor arrays are also interchangeable without need for recalibration.



Tabular data format/  
OSHA calculations



Graphical  
report format



ISO calculations

# Technical Specification

Specification	MICROTHERM HEAT STRESS WBGT		
Identity	Sensor specifications		
Ta	Parameter	RANGE	ACCURACY
Tg	Air temperature	10-60°C	+/- 1°C
Tnw	Globe temperature	20-120°C	+/- 0.5°C (20-50) +/-1.0°C (50-120)
Transducers	Natural wet temperature	5 to 40°C	+/- 0.5°C
	PRTD 100 elements 0.1% using 4 wire extension cables available in 10m, lengths up to 30m		
<b>Displayed Data Values</b>			
Ta	Air temperature		
Tg	Globe temperature		
Tnw	Natural wet temperature		
WBGT	Inside and Outside		
Time Weighted WBGT values	Based on a 1 hr rolling average updated every 30 seconds. (During the first hour '—' is displayed.)		
%RH	Based on "Ta" and non aspirated "Tnw" sensor		
Dewpoint	Based on "Ta" and non aspirated "Tnw" sensor		
<b>Data Logger</b>			
Total record capacity	512k memory providing up to 49,100 data records		
Number of runs stored	32		
Logging interval	30 seconds to 1 hour		
<b>Software</b>			
Operating System	MS Windows 95/98 NT, XP, Vista compatible. RS232 serial port, 8MB RAM, FDD & HDD, VGA Graphics.		
<b>Power</b>			
Battery Power supply	4 x AA cells Dry cells or NiMH		
Battery life	40hrs NiMH / 85hrs alkaline. Battery monitoring warning and auto power down. Consumption; 30mA typical		
External power supply	3.5 to 14VDC (12v nominal) 90-240VAC Universal input mains power adaptor. Internal fast charge circuitry		
<b>Communications</b>			
RS232			
<b>Applicable Standards</b>			
ISO 7243/7726, OSHA			
<b>Operating Temperature Range</b>			
Sensors	-5°C to +120°C		
Electronics	-5°C to +60°C		
Dimensions	Instrument: 245 x 95 x 50mm. Array: 90 x 225 x 65mm. Sensor/carry case (H x W x D): 135 x 490 x 370mm		
Weight	Sensor/carry case 0.97kg. Instrument only 0.75kg		

## ORDERING INFORMATION

Microtherm Heat Stress WBGT meter with kit case	180000A
Microtherm Heat Stress WBGT meter with kit case with calibration certificate	180042A
10m Extension Lead for sensor array	180043B
Small Tripod (max height 215mm)	CEL-90330
Standard Tripod (max height 1,160mm)	CEL-6713

### Microtherm Heat Stress WBGT kit includes:

- Microtherm Heat Stress WBGT meter
- Sensor Array
- Pack of spare wicks and screwdriver
- Rechargeable batteries (x4)
- Universal mains PSU (110/240VAC) with UK, Europe and USA plug adaptors
- Distilled water countainer
- RS232 communication cable (USB adaptor available)
- Windows Win HSM software
- Hard carrying case

### Casella CEL

Regent House,  
Wolseley Road,  
Kempston,  
Bedford  
MK42 7JY  
United Kingdom  
Tel: +44 (0) 1234 844100  
Fax: +44 (0) 1234 841490  
Email: info@casellameasurement.com  
Web: www.casellameasurement.com

Distributed By:



SM01001 v3.0 Feb 10

## **ANEXO 9 – CERTIFICADOS DE MEDICION DE EQUIPOS**





Taberlabars Andina S.A.

**ASEGURAMIENTO DE CALIDAD  
TRAZABILIDAD Y VERIFICACION DE CALIBRACION**

FECHA DE VERIFICACION: martes, 28 de julio de 2015

AREA	EQUIPO	Fecha Calib. Certif.	Código	VALOR Teórico	Unidad	CALIBRADORES MASTER (MRC)					Diferencia MRC vs MR	INCERTIDUMBRE			
						Mediciones						U med.	U. Equip.		
						1	2	3	4	5			U. Cert.	U. Comb.	OK
PROCESO SECUNDARIO	MRC	16/04/2013	HC2-S-HR	60 ± 3	% HR	60,1	59,9	59,9	59,8	60	0,050990	0,866025	0,028868	0,868005	✓
	MR	TERMOHIGRÓGRAFO #2	TGH#2 - 14107883	60 ± 3	% HR	60	61	61	60	61	0,244949				
	MRC	16/04/2013	HC2-S-T	22 ± 1	°C	22,2	22,2	22,2	22,2	22,2	0,000000	0,115470	0,028868	0,119024	✓
	MR	TERMOHIGRÓGRAFO #2	TGH#2 - 14107883	22 ± 1	°C	22,3	22,3	22,2	22,3	22,2	0,024495				

**OBSERVACIONES :** Verificación de calibración correspondiente a JULIO / 2015

Trazabilidad realizada dentro de la cámara de acondicionamiento Binder de POA, para conservar condiciones óptimas de medición y comparación.

El equipo se encuentra en estado operativo, factor de corrección -0,7 % para Humedad Relativa y -0,1°C para Temperatura.

*[Signature]*

Jorge Tayupanta  
REALIZADO POR

*[Signature]*  
RECIBIDO POR





### Certificate of Calibration

Certificate No: 5511635TKL070001

Submitted By: ING. CARLOS BRICEÑO  
QUITO, ECUADOR

Serial Number: TKL040045 Date Received: 10/27/2015

Customer ID: Date Issued: 12/7/2015

Model: QUESTEMP 36 HS MONITOR Valid Until: 12/7/2017

**Test Conditions:**

Temperature: 18°C to 29°C  
Humidity: 20% a 80%  
Barometric Presurre: 890 mbar to 1050 mbar

**Model Conditions:**

As Found: IN TOLERANCE  
As Left: IN TOLERANCE

**SubAssemblies:**

**Description:**

SENSOR BAR ASSEMBLY W/HUM.

**Serial Number:**

N/A

Calibrated per Procedure: 56V792

**Reference Standard(s):**

I.D. Number	Device	Last Calibration	Date Calibration Due
S00346	STEM THERMOMETER	3/9/2015	3/9/2017

**Measurement Uncertainly:**

+/- 0.08 °C  
Estimated at 95% Confidence Level (k=2)

Calibrated By:

12/7/2015

PAUL WEGMANN

Service Technician

Reviewed/Approved By:

12/7/2015

Technical Manager/Deputy

This report certifies that all calibration equipment used in the test is traceable to NIST or other NMI, and applies only to the unit identified under equipment above. This report must not be reproduced except in its entirety without the written approval of 3M Detection Solutions.







## Certificate of Calibration

Certificate No: 5511635TKL070001

(A) indicates out of tolerance condition

<u>Test Type</u>	<u>Nominal</u>	<u>Tolerance-</u>	<u>Tolerance+</u>	<u>As Found</u>	<u>As Left</u>	<u>Unit</u>
Cal/WETBULB*	0.0	-0.2	0.2	0.1	0.0	°C
Cal/DRYBULB*	75.00	74.8	75.2	74.9	75.0	°C
Cal/GLOBE*	40.0	39.8	40.2	40.1	40.1	°C
Cal/WBGTi*	12.0	11.8	12.2	11.9	12.0	°C
Cal/WBGTo*	15.5	15.3	15.7	15.4	15.5	°C
Sensor 1/WETBULB	36.0	35.5	36.5	35.9	36.0	°C
Sensor 1/GLOBE	36.0	35.5	36.5	35.8	35.9	°C
Sensor 1/DRYBULB	36.0	35.5	36.5	36.0	36.0	°C
Sensor 2/WETBULB	36.0	35.5	36.5			°C
Sensor 2/GLOBE	36.0	35.5	36.5			°C*
Sensor 2/DRYBULB	36.0	35.5	36.5			°C
Sensor 3/WETBULB	36.0	35.5	36.5			°C
Sensor 3/GLOBE	36.0	35.5	36.5			°C
Sensor 3/DRYBULB	36.0	35.5	36.5			°C

\*indicates non accredited

## **ANEXO 10 - PROPUESTA**

Como se evidenció en el capítulo anterior la temperatura en el proceso de elaboración y empaque de cigarrillos tiene un incremento sostenido y este hecho afecta la productividad, ante esto, se plantea el desarrollo de un sistema de refrigeración en el área afectada. Para lo cual se planifica el siguiente proyecto de climatización:

### **Generalidades**

El Proyecto de climatización en TANASA, ubicado en la Provincia de Pichincha, contempla la implementación de un sistema de aire acondicionado tipo expansión directa para los espacios destinados como área secundaria de trabajo.

El sistema adicional para el sistema de Climatización del ambiente antes mencionado, han sido diseñado de acuerdo a las consideraciones permisibles de cargas térmicas, confort, condiciones exteriores ambientales, niveles de ruido, velocidad de flujo de aire indicadas por la Asociación Americana de Aire Acondicionado y Refrigeración ASHRAE.

### **Condiciones ambientales**

Las condiciones de diseño para la ciudad de Quito, son las siguientes:

Temperatura Externa: 24,4 ° C

Temperatura Interna: 27,5° C

Humedad relativa: 60%

Altura de operación: 2.850 msnm

### **Normas y Estándares**

INEN 1124 Ventilación Natural de Edificios

INEN 1125 Ventilación Natural de Edificios, métodos de medición de la renovación de aire en locales.

INEN 1126 Ventilación Natural de edificios requisitos

SMACNA HVAC DUCT CONSTRUCTION

SMACNA HVAC SYSTEMS DUCT DESIGN

ASHRAE STANDARD 62 VENTILATION FOR ACCEPTABLE INDOR AIR QUALITY

### **Condiciones generales de funcionamiento**

Cuando el evaporador se encuentra apagado, su compresor consecuentemente lo están. Al prender cualquier evaporador, arranca el compresor variable girando a las revoluciones que sean necesarias para abastecer a ese evaporador.

El compresor variable sigue aumentando las revoluciones según la temperatura a la que se desea climatizar la habitación o hasta que la demanda de carga de los evaporadores sea equivalente al 50% de la capacidad de la condensadora; en este punto, arranca el compresor que funciona a plena carga.

De esta manera cuando la demanda es superior al 50% de la capacidad del condensador, está funcionando el compresor fijo y el compresor de revoluciones variables atiende la demanda superior al 50%.

### **Descripción de los equipos**

Para climatizar el área de elaboración y empaque de cigarrillos se propone el siguiente equipo:

Marca: CARRIER

Modelo: 50TCD

Capacidad: 180.000 BTU/hora

Cantidad: 2

Presupuesto de equipos de climatización

Equipos de climatización: \$ 22.500,50

Gastos de instalación: \$ 8.830,50

Obras civiles: \$ 4.699,50

**Costo total: \$ 36.029,50**

Los equipos de climatización fueron instalados en el mes de diciembre del año 2015, posteriores a las pruebas técnicas entraron en funcionamiento el día 4 de enero de 2016. Según las mediciones de temperatura realizadas en este mes, bajo las mismas condiciones de los datos anteriores, se obtiene una temperatura promedio globo de 22,2° C, esto es una reducción de 8,11% en relación a la temperatura promedio del año 2014 y 2015 de 24,16° C.

En cuanto a la productividad, el cálculo realizado hasta el día 25 de enero determina un valor porcentual de uptime de 58,90%, esto es un incremento de 11,01%. En las dos variables se muestra una mejor condición, tanto en la disminución de temperatura como incremento de la productividad en base a estos datos preliminares de la propuesta de climatización.