



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCION DE POSTGRADOS

PROGRAMA DE MAESTRÍA

EN GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

TEMA: “DIAGNÓSTICO DE ESTRÉS TÉRMICO DE UN AMBIENTE LABORAL MEDIANTE EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN MEDIDOR DEL INDICE TGBH – HR”

Protocolo de trabajo de Tesis de Grado presentado como requisito para optar por el Título de Magister en Gestión de la Producción.

AUTOR: Wilson Edmundo Sánchez Ocaña

DIRECTOR: Dr. Jorge Piedra R.

Latacunga - Ecuador

2013



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCION DE POSTGRADOS

Latacunga – Ecuador

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de Posgrado de la Universidad Técnica del Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Wilson Edmundo Sánchez Ocaña, con el Título de Tesis: “DIAGNÓSTICO DE ESTRÉS TERMICO DE UN AMBIENTE LABORAL MEDIANTE EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN MEDIDOR DEL INDICE TGBH – HR”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de defensa de Tesis.

Por lo expuesto, se autoriza los empastados correspondientes, según la Normativa Institucional.

Latacunga, Febrero del 2013.

Para constancia firman:

Lic. Msc Nelson Corrales

MIEMBRO

Lic.Msc. Rocío Peralvo

MIEMBRO

Ing. Msc. Segundo Cevallos

MIEMBRO

Dr. Víctor J. Robalino E

OPOSITOR

CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Programa de Maestría en GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN, nombrado por el Honorable Consejo Académico de Posgrado.

CERTIFICO

Que analizado el Protocolo de trabajo de Tesis, presentado como requisito previo a la aprobación y desarrollo de la investigación para optar por el grado de Magister en GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN.

El Tema de tesis es:

“DIAGNÓSTICO DE ESTRÉS TERMICO DE UN AMBIENTE LABORAL MEDIANTE EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN MEDIDOR DEL INDICE TGBH – HR”

Presentado por:

Sánchez Ocaña Wilson Edmundo

C.I. 050152993-7

Dr. Jorge Piedra R.

TUTOR DE TESIS

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

DIAGNÓSTICO DE ESTRÉS TÉRMICO DE UN AMBIENTE
LABORAL MEDIANTE EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN
MEDIDOR DEL INDICE TGBH – HR

Declaro que el contenido e ideas impresas en la presente Tesis de
Grado y que parecen como propias son de mi absoluta responsabilidad

Wilson Edmundo Sánchez Ocaña

Autor

AGRADECIMIENTO

A las empresas: Panadería “Pan Nuestro”, Hormi 2 “Panecons”, Ecuatoroses C.A “E.Q.R.”, al Dr. Jorge Piedra R., como colaborador científico, por la colaboración y apoyo entregados para desarrollar el presente proyecto, a los docentes, que durante mi formación académica, supieron impartir sus conocimientos. A mi Esposa Martha Elizabeth, a mis hijos Juan Esteban y Camilo Estéfano por su amor y apoyo incondicional y a Dios por darme la alegría de vivir.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedicó a mi madre Olga Amada, que desde el cielo, llena cada instante de mi vida de bendiciones, impulsándome a cumplir mis metas y objetivos, apoyándome en los momentos de alegría y tristeza.

INDICE GENERAL

CARATULA.....	I
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	ii
CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
INDICE GENERAL.....	vii
LISTADO DE FIGURAS.....	xiii
LISTADO DE TABLAS.....	xv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA	1
1.1.1. Diagnóstico.....	1
1.1.2. Sistematización del Problema	2
1.1.3. Planteamiento de Problema	3
1.1.4. Formulación del Problema.....	3
1.2. IMPORTANCIA DEL MONITOREO AMBIENTAL LABORAL.....	3
1.3. JUSTIFICACION	4
1.3.1. Teórica.....	4
1.3.2. Metodológica	4
1.4. ALCANCE	5
1.5. OBJETIVOS	5

1.5.1.	Objetivo General.....	5
1.5.2.	Objetivos Específicos	5
1.6.	HIPOTESIS	6
1.7.	VARIABLES	6
1.7.1.	Variable Dependiente	6
1.7.2.	Variable Independiente.....	6
1.8.	METODOLOGIA	7
1.8.1.	Tipo o Diseño de Investigación.....	7
1.8.2.	Métodos de Investigación	7
1.8.3.	Técnicas de Investigación	8
1.8.4.	Población – Muestra	8
CAPÍTULO II.....		10
GENERALIDADES		10
2.1.- EL CAMBIO CLIMÁTICO.....		10
2.1.1.	Causas de los Cambios Climáticos	11
2.1.2.	El Cambio Climático Actual	13
a.-	Combustibles Fósiles y Calentamiento Global.....	13
b.-	Planteamiento de futuro.....	14
c.-	Agricultura.....	14
2.1.3.	Ola de Calor en Europa en 2003	14
2.1.4.	Meteorología.....	15
2.1.5.	Consecuencias de la Canícula	16
2.1.6.	Causas de la Ola de Calor y de las Muertes	18
2.2.	ESTRÉS TÉRMICO	19
2.2.1.	FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ESTRÉS TÉRMICO.....	20

a.- Sexo	21
b.- Constitución Corporal	21
c.- Edad	23
d.- Etnia	23
e.- Vestido.....	24
f.- Aclimatación al Calor	24
2.3. AMBIENTE TÉRMICO	25
2.3.1. Influencia de la Temperatura sobre el Organismo.....	25
2.3.2. Efectos perniciosos producidos por el Calor.....	27
a. Calambres.....	27
b. Síncope.....	28
c. Golpe de Calor (insolación o Hiperpirexia del calor)	28
2.3.3. Magnitudes y Unidades	29
a. De los factores humanos.....	29
b. De los factores del ambiente térmico	29
2.4. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL ESTRÉS TÉRMICO	30
2.4.1. Índice DE Valoración Medio (Ivm) Fanger	32
2.4.2. Índice de la Sobrecarga Calórica	33
2.4.3. Índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo.....	34
a. Metodología para la medición	35
b. Aplicabilidad del índice TGBH.....	36
2.4.4. Índice de Sudoración Requerida (SWreq)	37
CAPÍTULO III.....	38
DISEÑO, SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO	38
3.1. INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE LAS TEMPERATURAS	38

3.1.1. Termómetros Líquidos	39
3.1.2. Sensores de Temperatura con Termopares	40
3.1.3. Sensores de Temperatura con Elementos Resistivos	41
a. RTD (Resistance Temperature Detector)	41
b. Termistores	42
c. NTC (Negative Thermal Coefficient)	42
d. PTC (Positive Temperature Coefficient).....	43
3.1.4. Sensores de humedad relativa.	43
a. Tipos de sensores de humedad relativa.....	44
3.2.- MICROCONTROLADOR	44
3.3.- COMUNICACIONES	47
3.3.1.- Medios de Transmisión	47
3.3.3.- Comunicación Serial.....	47
3.4.- INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL.....	48
3.4.1.- Introducción.....	48
3.4.2.- Instrumentos Tradicionales.....	49
3.4.3.- Instrumentos Virtuales	49
3.4.4.- Ventajas.- Flexibilidad, Reducción de Costos y Hardware para Aplicaciones Específicas.	49
3.4.5.- El Software en la Instrumentación Virtual	49
3.4.6.- El Software “Labview”	50
3.5.- CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA	51
3.5.1.- Bloque de Sensores.....	52
2.5.2.- Bloque Procesador.....	53
2.5.3.- Bloque de Comunicación	53

3.6.- DISEÑO DEL SISTEMA	53
3.7.- SELECCIÓN DE ELEMENTOS	55
3.7.1.- Sensores de Temperatura.....	55
3.7.2 Sensor de Humedad Relativa	55
3.7.3.- Amplificadores.....	58
3.7.4.- Microcontrolador.....	58
3.7.5.- Reloj en Tiempo Real	60
3.7.6.- Memoria Externa.....	61
3.7.7.- Módulo de Visualización.....	62
3.7.8.- Interface Microcontrolador-Pc	63
3.7.9.- Alimentación del Sistema.....	64
3.8.- ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES	65
3.8.1.- Etapa de Amplificación	65
3.9.- HARDWARE DEL MICROCONTROLADOR	66
3.9.1.- Enlace del Reloj y la Memoria	67
3.9.2.- Enlace con la pantalla de cristal líquido	68
3.9.3.- Enlace para la transmisión de datos	69
3.10.- ALIMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO	69
CAPÍTULO IV.....	71
DESARROLLO DEL SOFTWARE	71
4.1.- PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR	71
4.1.1.- Programa para el monitoreo.....	72
4.1.2.- Programa para descarga de datos.....	72
4.1.3.- Programa para sincronizar el reloj	75
4.2.- PROGRAMA PARA ANÁLISIS DE DATOS.....	76

4.2.1.- Diseño del software	76
4.3.- PRUEBAS Y RESULTADOS	84
4.3.1- PRUEBAS DE SENSORES.....	84
4.3.2- Pruebas de circuitos electrónicos	85
4.3.3- Pruebas de Comunicación.....	87
4.3.4- Pruebas del dispositivo medidor	88
4.3.5.- Diagnóstico de un ambiente laboral.....	89
a. Cálculo de la carga térmica metabólica.....	90
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
CONCLUSIONES	113
RECOMENDACIONES.....	115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
LINCOGRAFIA:.....	117
NORMATIVA SOBRE EL CALOR:	118
ANEXOS.....	119

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2.1.- Curvas representativas de la relación superficie-volumen....	22
Figura 2.2.- Instrumentos para la medición del TGBH	35
Figura 3.1- Termómetro Líquido	39
Figura 3.2.- Voltaje del termopar con referencia a 0°C	41
Figura 3.3.- Curvas de Resistencia de varios Metales en función de la Temperatura	42
Figura 3.4- Características comunes de los termistores o NTC.....	43
Figura 3.5.- Microcontrolador	44
Figura 3.6- Dispositivos periféricos de un Microcontrolador	46
Figura 3.7.-Esquema general del instrumento	54
Figura 3.8.-Sensor LM35AH	55
Figura 3.11.-Circuito Integrado LM358.....	58
Figura 3.12.- Microcontrolador PIC18F452.....	59
Figura 3.13.- RTC DS1307	60
Figura 3.14.- Memoria EEPROM	61
Figura 3.15.- Conexión de dispositivos I2C	62
Figura 3.16.- Pantalla de cristal líquido (LCD)	63
Figura 3.17.- Circuito integrado MAX232.....	64
Figura 3.18.- Conexión típica del MAX232 con un microcontrolador	64
Figura 3.19.-Regulador de voltaje LM7805	65
Figura 3.20.- Conexión LM35 y LM358.....	66
Figura 3.21.- Conexión del microcontrolador, la memoria y el RTC.....	67
Figura 3.22.- Conexión del microcontrolador y el LCD	68
Figura 3.23.- Conexión del microcontrolador y el MAX232.....	69

Figura 4.1.- Diagrama de flujo para el programa del microcontrolador	74
Figura 4.2.- Diagrama de flujo leer datos desde la EEPROM.....	75
Figura 4.3.- Diagrama de flujo para sincronizar el reloj.....	76
Figura 4.4.- Diagrama para habilitar y configurar el puerto serie	77
Figura 4.5.- Estructura FOR LOOP.....	77
Figura 4.6.- Diagrama para trocear una cadena	78
Figura 4.7.- Filtrado de datos.....	78
Figura 4.8.- Uso de Ecuaciones en LABVIEW	78
Figura 4.9.- Diagrama para unir datos	79
Figura 4.10.- Diagrama para guardar datos con LABVIEW	80
Figura 4.11.- Panel frontal: Parámetros de cálculo	81
Figura 4.12.- Panel Frontal: Mediciones	81
Figura 4.13.- Panel Frontal: Temperaturas	82
Figura 4.14.- Panel Frontal: Valores de Estrés Térmico	83
Figura 4.15.- Panel Frontal: Humedad Relativa	83
Figura 4.16.- Mensajes en el LCD	86
Figura 4.17.- Cadena de caracteres recibida	87
Figura 4.18.- Cadena de caracteres recibida en el Usart Terminal.....	88
Figura 4.20.- Medidor de Estrés Térmico.....	89
Figura: 4.21.- Hornear pan.....	101
Figura 4.22. Operador de Calderos	104
Figura 4.23. Operadora de Cosecha.....	108

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.1.- Índices de confort más importantes	31
Tabla 2.2.- Índices de estrés más importantes	31
Tabla 3.1. Características de diferentes líquidos	40
Tabla 3.2.- Características de microcontroladores PIC.....	59
Tabla 4.3.- Relación Temperatura-Voltaje de los sensores LM35AH	85
Tabla 4.1.- Períodos de actividad de conformidad al índice TGBH.....	90
Tabla 4.2.- Clasificación del metabolismo según la edad y el sexo.	91
Tabla 4.3.- Clasificación del metabolismo según componente postural...	92
Tabla 4.4.- Clasificación del metabolismo según el tipo de trabajo.....	93
Tabla 4.5.- Clasificación del Metabolismo según el desplazamiento	94
Tabla 4.6.- Factores de corrección índice WBGT (TGBH)	95
Tabla 4.7. Aislamiento térmico según el tipo de vestido	96
Tabla 4.8.- Clasificación estimada de la velocidad el aire.....	97
Tabla 4.9.- Consumo Metabólico Energético, Panadería.....	101
Tabla 4.10.- Consumo Metabólico Energético, Hormi 2.....	103
Tabla 4.11.- Consumo Metabólico Energético, E.Q.R.	107
Tabla 4.12.- Resumen de los Valores Monitoreados en cada empresa.	109

RESUMEN

Con la Revolución Industrial, han aparecido riesgos derivados de las actividades diarias que desarrollan las personas, los mismos que al no ser controlados derivan en enfermedades profesionales que a la larga afectan al desenvolvimiento óptimo de un trabajador.

Los trabajos industriales se ejecutan en lugares cerrados, semicerrados y abiertos, en ellos se generan condiciones climáticas que aunque influidas por el clima externo, difieren normalmente de éste. Los trabajadores de la industria maderera, metalúrgica, florícola, artesanal, etc., están expuestos a un ambiente térmico agresivo que puede ocasionar daños en su salud, siendo necesario cuantificar la exposición a temperaturas elevadas, esta valoración se lo hace a través del índice de Estrés Térmico (TGBH-WBGT).

El monitoreo constante de estas variables físicas tanto de temperatura, humedad relativa y velocidad del aire, el almacenamiento de la información, la tabulación y el análisis tanto comparativo como estadístico de la misma, permitirá realizar un diagnóstico real de las condiciones laborales de los trabajadores, así como también mediante el cálculo de consumo metabólico energético, definir el tipo de carga al que va estar expuesto los trabajadores y establecer los valores límites de referencia máximos de Estrés Térmico que el trabajador pueden soportar, según lo establece la ISO 7243 y el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Norma 2393 del Ministerio de Trabajo y Empleo).

Con el diseño e implementación de este equipo se pretende definir el clima laboral, monitorear el ambiente en el transcurso de la jornada de trabajo, predecir posibles alteraciones en la salud de los trabajadores, seleccionar el EPP adecuado, definir técnicamente los tiempos de exposición al riesgo, etc.

ABSTRACT

With the Industrial Revolution, have appeared risks from daily activities of individuals, the same as not being controlled resulting in diseases that ultimately affect a worker's optimal development.

Industrial jobs are run in closed, semi-closed and open, they are generated climatic conditions although influenced by the external climate, it usually differ. Workers in the timber industry, metallurgy, floriculture, handicraft, etc., Are exposed to aggressive thermal environment that can damage your health, being necessary to quantify the exposure to high temperatures, this assessment is done through Index Heat Stress (WBGT).

Constant monitoring of physical variables such as temperature, relative humidity and air speed, storage of information, tabulation and statistical analysis of both comparative as it will allow an actual diagnosis of the working conditions of the workers, and also by calculating metabolic energy consumption, set the load type that will be exposed workers and establish reference limits maximum thermal stress which the worker can support, as established by ISO 7243 and Regulations safety and Health of Workers and Improvement of Working Environment (2393 Statement of the Ministry of Labour and Employment).

With the design and implementation of this team is to define the working environment, monitor the environment in the course of the working day, predict possible changes in worker health, select appropriate PPE, technically define the exposure times, etc.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. PROBLEMATIZACIÓN

Diagnóstico

Un nuevo giro en la economía mundial, marca la segunda posguerra; donde se establece como eje principal el desarrollo de la gran industria. A partir de este momento, empiezan a crearse industrias cada vez más grandes que irían a cubrir varias ramas de la producción.

Este desarrollo fue en búsqueda de mejores condiciones de vida de los seres humanos; es así que las grandes columnas de humo emitidas por la chimeneas de las industrias reflejaba progreso y desarrollo social; pero, lamentablemente en dirección opuesta se estaba contribuyendo a elevados niveles de contaminación ambiental, que a su vez incidían y perjudicaban a la salud del ser humano y a la vida del planeta en general.

En esta dinámica mundial, la globalización ha marcado una gran turbulencia de tipo económico, social, cultural, político, científico, tecnológico, etc. Dentro de esa realidad el ambiente laboral ha sufrido grandes trastornos debido a los descontrolados niveles de climatización fundamentalmente en lugares cerrados, perjudicando el medio y a los trabajadores quienes laboran en él. Esta valoración no es más que el resultado de la interacción del hombre con el ambiente laboral.

El Ecuador no está al margen de esta dinámica, constituye un país donde las leyes y normas se aplican de acuerdo a los intereses políticos y de los grandes

empresarios; sin pensar en la sustentabilidad y sostenibilidad de la seguridad y la salud ocupacional que constituyen la base vital para el desenvolvimiento normal del trabajador en general. Por ello se infringen normativas del *manejo y control del medio laboral*; ocasionando disminución de las posibilidades de trabajo físico, aumento de la frecuencia cardíaca, disminución de la tensión muscular e incremento de la temperatura corporal.

Sistematización del Problema

Ante este evidente problema existen instituciones públicas y privadas que tratan de conservar y preservar el medio ambiente laboral en óptimas condiciones, como son las Instituciones de Educación Superior, este rol le compete aún más a las Universidades porque tienen una especial responsabilidad como instituciones dedicadas a la formación de profesionales del más alto nivel, donde la crítica a la realidad y el servicio a la comunidad deben aunarse para encontrar soluciones laborales adecuadas sin elevados costos.

Es conocido por administradores, expertos y personas involucradas al ámbito industrial, que el ambiente incomodo es el principal o quizás el mayor causante de efectos negativos (disminución de la productividad, aumento de errores, mayor índice de accidentes, mayor rotación del personal), razón por la cual cuando se mejora el ambiente laboral haciéndolo más cómodo y agradable, la productividad se mejora.

El proyecto que se presenta a continuación brinda una posibilidad que mediante el diseño y construcción de un equipo portátil, permita el monitoreo de un ambiente laboral, análisis estadístico y adquisición de la información de una manera versátil y completamente amigable para el usuario.

Planteamiento de Problema

La *contradicción fundamental* que se presenta es que por un lado existe la presencia de lugares de trabajo con deficiente ventilación - climatización, temperaturas ambientales elevadas, velocidades del aire deficientes, exaltadas humedades relativas; que están afectando a la salud del personal, por otro lado existen altas exigencias en relación al logro de un buen desempeño del personal que trabaja en estos medios, su efectividad laboral no debe disminuir producto de la incidencia y trastornos producidos por el calor.

El *Objeto de estudio* lo consideraremos a los ambientes artesanales, comerciales e industriales, determinando el Consumo Metabólico Energético de los trabajadores en relación con las actividades laborales

El *Campo de Acción* lograremos mediante el diseño y construcción de un Medidor de Estrés Térmico diagnosticar las condiciones de trabajo de un Ambiente Laboral.

Formulación del Problema

¿Qué propuesta permitirá mejorar la incidencia y los trastornos producidos por el calor y la preservación de la salud de quienes trabajan en estos sitios del sector artesanal e industrial de la Provincia de Cotopaxi?

IMPORTANCIA DEL MONITOREO AMBIENTAL LABORAL

El ser humano, por naturaleza ante un estímulo exterior responde con una reacción, y ante las exigencias que el medio hace diariamente sobre el ser humano, la respuesta obtenida es un conjunto de fuertes emociones negativas producidas en nuestro cerebro que afectan nuestra vida diaria, nuestro cuerpo y todas las tareas que realizamos haciendo que nuestro desempeño no sea el esperado y viviendo a diario un estado de tensión del que no podemos salir.

Mediante el estudio y monitoreo de las variables físicas tales como temperatura (índice TGBH - WBGT), humedad relativa y velocidad del aire, que ocurren en una Industria se pretende definir el clima laboral, monitorear el ambiente en el transcurso de la jornada de trabajo, predecir posibles alteraciones en la salud de los trabajadores, seleccionar el EPP adecuado, definir técnicamente los tiempos de exposición al riesgo, etc.

El conocimiento de las variaciones ambientales son de suma importancia para el desarrollo de sector de la construcción, energético, metalúrgico, panaderías industriales, refinerías, industrias del cemento, fabricación de cerámica, etc., ya que de estas dependen en gran parte el desempeño y rendimiento de las personas laboralmente.

JUSTIFICACION

Teórica

El presente trabajo investigativo contribuirá como aporte teórico - práctico, por su abundante información científica, relacionada al diagnóstico del ambiente laboral mediante la Valoración del Riesgo de Estrés Térmico y a la preservación de la salud de quienes están en continua incidencia a los trastornos producidos por el calor.

Metodológica

Se fundamenta con los estudios que se realizan en cuanto a todos los factores de riesgo que conducen al deterioro del medio laboral y al de la salud de los seres humanos; con el fin de retroalimentar, realizar los correctivos pertinentes y tomar decisiones eficientes en bien de la colectividad.

La presente investigación constituye de elemental importancia, dado que el sector artesanal e industrial de la Provincia de Cotopaxi, asumirá una Metodología para el Diagnostico del Ambiente Laboral mediante La Valoración del Riesgo de Estrés Térmico netamente práctico, que permitirán llevar un procedimiento lógico y sistematizado, que demostrará un elevado nivel de organización empresarial y de calidad laboral.

ALCANCE

La presente investigación, permitirá hacer uso de nuestra moral institucional debido a que en un mundo subdesarrollado lo fundamental es ejercitar la imaginación, identificar las causas del problema, examinarlos en búsqueda de soluciones novedosas aglutinadas en un diagnóstico de un ambiente laboral mediante la Valoración del Riesgo de Estrés Térmico.

OBJETIVOS

Objetivo General

Diagnosticar el ambiente laboral mediante la Valoración del Riesgo de Estrés Térmico: índice TBGH, Humedad Relativa y Velocidad de Aire a partir del Diseño e Implementación de un Medidor portátil.

Objetivos Específicos

- ✓ Elaborar el marco teórico - conceptual sobre la valoración del Riesgo de Estrés Térmico en el sector artesanal e industrial de la Provincia del Cotopaxi, producto de la incidencia y trastornos producidos por el calor.
- ✓ Diagnosticar los problemas principales que existen en lugares con deficiente ventilación - climatización, temperaturas ambientales elevadas, velocidades del aire deficientes, exaltadas humedades relativas, que están afectando a la salud de seres humanos y al medio ambiente laboral.
- ✓ Diseñar e implementar en equipo para la recepción, almacenamiento y envío de información, desarrollo del software de visualización para analizar la información recibida y crear una base de datos para la elaboración de los informes respectivos y la toma de decisiones respectiva.
- ✓ Analizar, evaluar y diagnosticar en una Industria de la Localidad con las bondades del Medidor Multifunción, mediante la evaluación de las labores realizadas y las cargas de trabajo que estas suponen.

HIPOTESIS

Si se integra un diagnóstico del ambiente laboral mediante la Valoración del Riesgo de Estrés Térmico; entonces el sector artesanal e industrial de la Provincia de Cotopaxi contará con una Equipo Medidor del Índice TGBH - HR Portátil para determinar la incidencia de los problemas en la salud del personal producto de los trastornos producidos por el calor.

VARIABLES

Variable Dependiente

Equipo Medidor del Índice TGBH - HR Portatil para determinar la incidencia de los problemas en la salud del personal producto de los trastornos producidos por el calor.

Variable Independiente

Diagnóstico del Ambiente Laboral

METODOLOGIA

Tipo o Diseño de Investigación

Por las características del presente estudio, se actuó directamente con las personas expuestas a las fuentes de calor; siempre apoyado en la **investigación documental - bibliográfica**, que permitió detectar, ampliar, profundizar, analizar y criticar diversos enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre la temática planteada, a fin de sustentar desde un plano teórico la investigación

Esta investigación se basó en estudios descriptivos, tales como la recolección de información, la observación, entrevistas y cuestionarios. También se utilizó informes y documentos elaborados por otros investigadores.

Métodos de Investigación

Los métodos empleados, son:

Inductivo, conllevó a un análisis ordenado, coherente y lógico del problema de investigación, tomando como referencia premisas verdaderas, que a través de verdaderas particularidades, se concluyó verdaderas generalidades.

Deductivo, permitió que las verdaderas particularidades contenidas en las verdaderas universalidades se vuelvan explícitas.

Análisis, se inició con el proceso de conocimiento, por la identificación de cada una de las partes que caracterizan el medio laboral; de este modo se pudo

establecer las relaciones causa efecto entre las variables físicas del medio, el consumo metabólico energético de los trabajadores y las condiciones laborales.

Síntesis, implica que a partir de la interrelación de las variables físicas, consumo metabólico y condiciones laborales, verificar como éstas implican en el análisis de Estrés Térmico.

Técnicas de Investigación

Las Técnicas que se utilizaron, son las siguientes:

Observación Científica.- Mediante los sentidos, se captó la realidad del medio laboral y que a través de la información brindada por el Medidor de TGBH-HR se brindó las recomendaciones respectivas.

Encuestas.- Permitted recolectar información a través de formatos predeterminados de los trabajadores expuestos a las variables físicas analizadas, logrando recopilar información detallada en menor tiempo y a mayor número de sujetos de investigación.

Población – Muestra

En la Industria Florícola ECUATOROSES C.A. “EQR”, existen 2 supervisores de planta, que son los que controlan y monitorean las naves, que se utilizaron para el ensayo.

En relación a la población de los trabajadores que son 8 por nave, se seleccionó una muestra, la misma que se determinó a partir de la siguiente fórmula:

n= Tamaño de la muestra.

N= Tamaño de la población.

E= Error máximo admisible al cuadrado.

$$n = \frac{N}{(E)^2(N - 1) + 1}$$

$$n = \frac{8}{(0,5)^2(8 - 1) + 1}$$

$$n = 3 \text{ personas}$$

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1.-EL CAMBIO CLIMÁTICO¹

Se llama cambio climático a la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional. Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc.

El término suele usarse de forma poco apropiada, para hacer referencia tan sólo a los cambios climáticos que suceden en el presente, utilizándolo como sinónimo de calentamiento global. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático usa el término *cambio climático* sólo para referirse al cambio por causas humanas:

Por "cambio climático" se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables

Como se produce constantemente por causas naturales se lo denomina también variabilidad natural del clima. En algunos casos, para referirse al cambio de origen humano se usa también la expresión cambio climático antropogénico.

¹Manuel Vargas Yáñez, *et al.* (2008). [Cambio Climático en el Mediterráneo español](#). Instituto Español de Oceanografía. ISBN 84-95877-39-2.

Además del calentamiento global, el cambio climático implica cambios en otras variables como las lluvias globales y sus patrones, la cobertura de nubes y todos los demás elementos del sistema atmosférico. La complejidad del problema y sus múltiples interacciones hacen que la única manera de evaluar estos cambios sea mediante el uso de modelos computacionales que simulan la física de la atmósfera y de los océanos. La naturaleza caótica de estos modelos hace que en sí tengan una alta proporción de incertidumbre

2.1.1. Causas de los Cambios Climáticos

El clima es un promedio, a una escala de tiempo dada, del tiempo atmosférico. Los distintos tipos climáticos y su localización en la superficie terrestre obedecen a ciertos factores, siendo los principales, la latitud geográfica, la altitud, la distancia al mar, la orientación del relieve terrestre con respecto a la insolación y a la dirección de los vientos y por último, las corrientes marinas. Estos factores y sus variaciones en el tiempo producen cambios en los principales elementos constituyentes del clima que también son cinco: temperatura atmosférica, presión atmosférica, vientos, humedad y precipitaciones.

Pero existen fluctuaciones considerables en estos elementos a lo largo del tiempo, tanto mayor sea el período de tiempo considerado. Estas fluctuaciones ocurren tanto en el tiempo como en el espacio. Las fluctuaciones en el tiempo son muy fáciles de comprobar: puede presentarse un año con un verano frío. Y las fluctuaciones espaciales son aún más frecuentes y comprobables: los efectos de lluvias muy intensas en la zona intertropical del hemisferio sur en América (inundaciones en el Perú y en el sur del Brasil) se presentaron de forma paralela a lluvias muy escasas en la zona intertropical del Norte de América del Sur (especialmente en Venezuela y otras áreas vecinas).

Un cambio en la emisión de radiaciones solares, en la composición de la atmósfera, en la disposición de los continentes, en las corrientes marinas o en la órbita de la Tierra puede modificar la distribución de energía y el equilibrio térmico, alterando así profundamente el clima planetario cuando se trata de procesos de larga duración.

Estas influencias se pueden clasificar en externas e internas a la Tierra. Las externas también reciben el nombre de forzamientos dado que normalmente actúan de forma sistemática sobre el clima, aunque también los hay aleatorios como es el caso de los impactos de meteoritos (astroblemas). La influencia humana sobre el clima en muchos casos se considera forzamiento externo ya que su influencia es más sistemática que caótica pero también es cierto que el Homo sapiens pertenece a la propia biosfera terrestre pudiéndose considerar también como forzamientos internos según el criterio que se use. En las causas internas se encuentran una mayoría de factores no sistemáticos o caóticos.

Es en este grupo donde se encuentran los factores amplificadores y moderadores que actúan en respuesta a los cambios introduciendo una variable más al problema ya que no solo hay que tener en cuenta los factores que actúan sino también las respuestas que dichas modificaciones pueden conllevar. Por todo eso al clima se le considera un sistema complejo. Según qué tipo de factores dominen la variación del clima será sistemática o caótica. En esto depende mucho la escala de tiempo en la que se observe la variación ya que pueden quedar patrones regulares de baja frecuencia ocultos en variaciones caóticas de alta frecuencia y viceversa. Puede darse el caso de que algunas variaciones caóticas del clima no lo sean en realidad y que sean catalogadas como tales por un desconocimiento de las verdaderas razones causales de las mismas.

2.1.2. El Cambio Climático Actual

Esquema ilustrativo de los principales factores que provocan los cambios climáticos actuales de la Tierra. La actividad industrial y las variaciones de la actividad solar se encuentran entre los más importantes.

a.- Combustibles Fósiles y Calentamiento Global

A finales del siglo XVII el hombre empezó a utilizar combustibles fósiles que la Tierra había acumulado en el subsuelo durante su historia geológica. La quema de petróleo, carbón y gas natural ha causado un aumento del CO₂ en la atmósfera que últimamente es de 1,4 ppm al año y produce el consiguiente aumento de la temperatura. Se estima que desde que el hombre mide la temperatura hace unos 150 años (siempre dentro de la época industrial) ésta ha aumentado 0,5 °C y se prevé un aumento de 1 °C en el 2020 y de 2 °C en el 2050.

Además del dióxido de carbono (CO₂), existen otros gases de efecto invernadero responsables del calentamiento global , tales como el gas metano (CH₄) óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆), los cuales están contemplados en el Protocolo de Kioto.

A principios del siglo XXI el calentamiento global parece irrefutable, a pesar de que las estaciones meteorológicas en las grandes ciudades han pasado de estar en la periferia de la ciudad, al centro de ésta y el efecto de isla urbana también ha influido en el aumento observado. Los últimos años del siglo XX se caracterizaron por poseer temperaturas medias que son siempre las más altas del siglo.

b.- Planteamiento de futuro

Tal vez el mecanismo de compensación del CO₂ funcione en un plazo de cientos de años, cuando el Sol entre en un nuevo mínimo. En un plazo de miles de años, tal vez se reduzca la temperatura, desencadenándose la próxima glaciación, o puede que simplemente no llegue a producirse ese cambio.

En el Cretácico, sin intervención humana, el CO₂ era más elevado que ahora y la Tierra estaba 8 °C más cálida.

c.- Agricultura

El cambio climático y la agricultura son procesos relacionados entre sí, ya que ambos tienen escala global. Se proyecta que el calentamiento global tendrá impactos significativos que afectarán a la agricultura, la temperatura, dióxido de carbono, deshielos, precipitación y la interacción entre estos elementos. Estas condiciones determinan la capacidad de carga de la biosfera para producir suficiente alimento para todos los humanos y animales domesticados. El efecto global del cambio climático en la agricultura dependerá del balance de esos efectos. El estudio de los efectos del cambio climático global podría ayudar a prevenir y adaptar adecuadamente el sector agrícola para maximizar la producción de la agricultura.

2.1.3. Ola de Calor en Europa en 2003²

El verano boreal de 2003 se caracterizó por una ola de calor en Europa, cuya duración y su intensidad, reflejaron los valores alcanzados en otras olas generadas en el s. XIX y en el s. XX.

²Newsletter del ECMWF N° 99. Autumn/Winter 2003. The exceptional warm anomalies of summer 2003.

Las consecuencias fueron dramáticas en los ecosistemas, en la población y las infraestructuras, pero en algunos países, como es el caso de Francia tuvieron lugar importantes crisis políticas relacionadas con la respuesta a los daños ocasionados por las altas temperaturas.

2.1.4. Meteorología

Como es habitual, los países del sur (España, Italia y Portugal) fueron los que registraron las temperaturas más altas. La temperatura más alta registrada en este verano del 2003 fue en Denia, en la provincia de Alicante, cuando el termómetro marcó los 47,8 °C, una de las temperaturas más altas jamás registradas en la Península Ibérica. En el Alentejo, al sur de Portugal, se alcanzaron los 47,3 °C el 1 de agosto. Ese mismo día se batieron los registros de temperatura máxima en Badajoz con 45 °C y en Jerez de la Frontera con 45,1 °C. Sevilla alcanzó 45,2 °C y Córdoba 46,2 °C. Las temperaturas máximas fueron excepcionalmente altas, y también las mínimas, en algunos casos superiores a los 24 °C. Las temperaturas altas se prolongaron durante toda la primera quincena de agosto alcanzándose registros en Toledo y Orense de 42,0 °C, Bilbao de 41,9 °C, Murcia de 41,8 °C, Ciudad Real de 41,6° C, Gerona, Granada y Jaén de 41,2 °C, Zaragoza 41 °C, Burgos 38,8 °C, San Sebastián 38,6 °C, Pontevedra 38,2 °C, Barcelona 37,3 °C y superándose los 40 °C a diario en buena parte de la península Ibérica.

En Francia, las temperaturas y la duración de la ola de calor fueron las más importantes desde 1950 (en el s. XIX hubo mucho más importantes). Según Météo-France, se registraron temperaturas superiores a los 35 °C en dos tercios de las estaciones meteorológicas, y temperaturas superiores a los 40 °C en el 15% de las ciudades. En París se alcanzaron los 39,8 °C durante el día, y la temperatura nocturna marca de 25,5 °C en la noche entre el 10 y el 11 de agosto.

Los países nórdicos, las regiones occidentales y meridionales de Alemania y el sur del Reino Unido también fueron afectados, con temperaturas marca de 37,9 °C en el Aeropuerto de Heathrow (bajo la bomba de calor urbana actual, Reino Unido), 33,3 °C en Finlandia y 32 °C en Dinamarca.

Las causas de la inusual canícula hay que buscarlas en una sequía importante durante la primavera y el principio del verano.

2.1.5. Consecuencias de la Canícula

LA POBLACIÓN HUMANA

Durante julio y agosto, murieron miles de personas en Europa como consecuencia de la ola de calor. Los más afectados fueron los más débiles: los ancianos, niños y enfermos.

Se realizaron recuentos oficiales de muertos a lo largo del verano en los países afectados.

FRANCIA

El número exacto de muertes relacionadas directamente con el fuerte calor está sujeto a controversias. El Gobierno anunció al principio 3.000 muertes, posteriormente 5.000, y las proyecciones elaboradas por las empresas de pompas fúnebres calcularon un exceso de unas 10.400 muertes en relación con años anteriores, susceptibles de ser imputables a esta canícula.

Según un estudio publicado el 25 de septiembre, fallecieron 14.802 personas entre el 1 y el 15 de agosto, lo que supone una sobremortalidad del 55%.

Los días 11 y 12 de agosto fueron particularmente funestos debido a la ausencia de viento. Los efectos de la canícula fueron acentuados por temperaturas nocturnas muy elevadas.

Aunque los servicios públicos se movilizaron durante julio por los incendios forestales, tardaron en tomar conciencia del drama humano que la ola de calor estaba provocando.

La cifra de los muertos en Francia fue la mayor de Europa. Esto planteó varios interrogantes sobre la sociedad francesa, la solidaridad intergeneracional y la eficacia de los servicios sociales.

ESPAÑA

Aunque las cifras oficiales que el Ministerio de Sanidad manejó en su momento fueron de 141 muertos, el Centro Nacional de Epidemiología cifra en 6.500 el número de fallecimientos atribuibles al calor. Se alcanzaron temperaturas muy altas en todo el país, con máximas de más de 40° °C en la mayoría de la ciudades del interior y mínimas de más de 20 °C en el sur y la costa mediterránea, las máximas volvieron a alcanzarse en Córdoba, con 46,2 °C y Sevilla con 45,2 °C aunque sin llegar al récord histórico de 1995. La superación de las máximas históricas sólo se produjo en los que aparecen en la tabla adjunta.

PORTUGAL

Se calcula que la ola de calor provocó la muerte de 1.316 personas entre los últimos días de julio y el 12 de agosto. La mitad de los fallecidos eran personas de más de 75 años. Sin embargo, debido a las medidas de urgencia adoptadas, el número de muertes fue inferior al que se registró en 1981 (1900 fallecidos).

ITALIA

El número de muertos, anunciado por el Instituto de la Estadística de Italia el 27 de junio de 2005, fue de más de 20.000 entre junio y septiembre de 2003.

2.1.6. Causas de la Ola de Calor y de las Muertes

Las condiciones anticiclónicas, casi generalizadas y persistentes, se prolongaron casi desde Mayo hasta finales de Agosto. El anticiclón de las Azores y la ZCIT (Zona de Convergencia Inter Tropical) se desplazaron hacia el norte y una masa de aire cálido y seco se situó sobre gran parte de Europa y el Mediterráneo. Mientras, las borrascas extra tropicales se desplazaban más al sur en el Atlántico para tomar, posteriormente, un desplazamiento por encima de Irlanda hacia los países escandinavos en el flujo de los suroestes. El periodo de Abril-Agosto de 2003 destaca con una máxima anomalía anticiclónica en la zona analizada, tanto en superficie como a 500 hPa.

La situación anticiclónica pertinaz hacía que las temperaturas máximas diurnas alcanzaran records históricos, las mínimas nocturnas se elevaban llegando a valores muy llamativos (27, 6 °C en Weinbiet, Alemania) y las condiciones de sequedad fomentaban los incendios forestales. Lo peor de todo fue la elevada mortandad de seres humanos en este episodio de calor.

La presencia de un anticiclón pertinaz no puede explicar por sí solo la presencia de tal adversa ola de calor. Otros factores debieron actuar de forma sinérgica. En Francia, por ejemplo, se observó importantes subsidencias que inhibían la formación de nubes de desarrollo vertical en la época estiva acompañada de advecciones cálidas.

El verano tan tórrido vivido en el 2003, y las inundaciones sufridas en Europa central durante el 2002, podrían parecer como unas de las consecuencias de los

efectos del calentamiento climático global, pero esto no es del todo cierto y esta afirmación debe ser matizada. Europa ha sufrido graves inundaciones y periodos de calor, posiblemente tan intensos, o más, en la época pos-instrumental. Nuestro corto período con datos registrados instrumentalmente es solo de unos cientos de años y la rareza de los fenómenos extremos no permite afirmar, a ciencia cierta, que el verano del 2003 es una consecuencia del calentamiento global.

2.2.ESTRÉS TÉRMICO

Un ambiente térmico inadecuado causa reducciones de los rendimientos físico y mental, y por lo tanto de la productividad; provoca irritabilidad, incremento de la agresividad, de las distracciones, de los errores, incomodidad al sudar o temblar, aumento o disminución de la frecuencia cardiaca, etc., lo que repercute negativamente en la salud e incluso, en situaciones límite puede desembocar en la muerte³.

El estrés térmico es la presión que provoca determinados efectos en un trabajador expuesto a temperaturas extremas, tanto en el frío como en el calor. Cada persona reacciona de manera diferente a esta presión, que depende de su susceptibilidad y grado de aclimatación, aunque los niveles de temperatura, humedad y velocidad del aire sean iguales.

Cuando el calor producido por el propio cuerpo y el recibido externamente no está en equilibrio, tiende a producirse una modificación de la temperatura corporal. Las condiciones físicas del ambiente laboral condicionan en el trabajador una

³<http://www.prevention-world.com>, Prevención Integral.

determinada carga térmica. El conjunto de estas cargas que representan la acción agresiva térmica sobre el trabajador se llama estrés térmico.⁴

2.2.1. Factores que influyen en el estrés térmico⁵

No resulta sencillo determinar los efectos de la exposición al calor o al frío, pues algunos factores son difíciles de identificar y evaluar. Al efectuar experimentos con grupos de personas expuestas a condiciones de sobrecarga térmica, sucede que las reacciones resultan muy variadas y se producen algunas respuestas completamente diferentes. Esto puede ser, simplemente, consecuencia de las diferencias fisiológicas entre sujetos (aclimatación, edad, aptitud física, sexo, constitución corporal, etc.). Pero también pueden intervenir otros factores personales más sutiles, como es el estado físico de las personas, que puede variar en unas horas por múltiples causas.

En pruebas efectuadas con grupos de personas sometidas a diferentes condiciones térmicas, se ha encontrado que la misma persona y bajo idénticas condiciones de vestimenta y actividad, ante un ambiente térmico que en días anteriores le pareció confortable, en otro momento lo ha hallado ligeramente frío o ligeramente caluroso.

Experimentos efectuados (Fanger, P.O., Hojbjerre, J. &Thomsen, J.O.B., 1973) con 16 sujetos durante un ambiente simulado de 8 horas de trabajo de una actividad sedentaria, con una vestimenta de 0.6 clo⁶, velocidad relativa del aire

⁴<http://www.medicinam.com/ArticulosMN/Seguridad%20e%20Higiene2.htm>, Capítulo 2: El ambiente físico de trabajo.

⁵ PEDRO MÓNDELO, Diseño de puestos y espacios de trabajo, Tercera Edición, 2004, Pág. 25

⁶clo, es el aislamiento necesario para mantener confortable a una persona que desarrolle una actividad sedentaria (menos de 60W/m²) a una temperatura de 21 °C.

menor de 0.1 m/s, humedad relativa del 50 % y temperatura radiante media igual a la temperatura del aire, muestran que la temperatura ambiental preferida oscila ligeramente siguiendo el ritmo circadiano de la temperatura interna del cuerpo, con tendencia a preferir temperaturas algo superiores (de casi 1.5 °C) entre las 12 y 13 horas, en relación con las 9 y 10 horas.

a.- Sexo

Por lo general las mujeres muestran mayores dificultades para soportar la sobrecarga calórica que los hombres, sobre todo cuando están embarazadas. La menor capacidad cardiovascular de la mujer hace que se aclimate peor. Su temperatura de la piel, la capacidad evaporativa y su metabolismo son ligeramente inferiores de las de los hombres.

Respecto a la temperatura de confort preferida, experimentos realizados con 520 mujeres y la misma cantidad de hombres muestran diferencias mínimas: Nevins da como valores de referencia 25.8 °C para las mujeres y 25.4 °C para los hombres, mientras que Fanger&Langkilde dan 25.1 °C para las mujeres y 25.0 °C para los hombres. Según B. W. Olesen, estas pequeñas diferencias pueden deberse a que las mujeres utilizan ropas más ligeras.

b.- Constitución Corporal

El elefante padece por el calor, mientras que el ratoncillo muere por el frío. El elefante y el ratoncillo son dos mamíferos terrestres de constituciones corporales límites, son los dos extremos frente al calor y frente al frío. Los elefantes, por su tamaño, sufren con el calor, y necesitan ducharse a menudo con su trompa, no por limpios, sino para disipar su exceso de calor por evaporación del agua; frente a ellos los ratoncillos, también por su tamaño, sufren por el frío, por lo que deben comer continuamente, no para gastarse los dientes que crecen continuamente

(como se creía antes), aunque es cierto este crecimiento, sino para mantener alta su producción de calor metabólico y no morir de frío.

Por lo mismo, las personas corpulentas están en desventaja en ambientes cálidos pero en ventaja en los ambientes fríos, frente a las personas menos corpulentas.

Esto se debe a que la producción de calor de un cuerpo es proporcional a su volumen (W/m^3), mientras que la disipación es proporcional a la superficie (W/m^2), por lo que, a medida que aumenta el tamaño corporal la relación superficie-volumen se hace cada vez menor, dado que la superficie crece con el cuadrado de sus medidas y el volumen crece al cubo. Esta diferencia se la puede apreciar en la Figura 2.1.

Sin embargo, un trabajador corpulento está en ventaja cuando, sin que se le exijan grandes esfuerzos temporales, se ve expuesto a grandes cambios de temperatura para temperaturas extremas actuando sólo durante un tiempo relativamente corto, por el efecto amortiguador del cuerpo, que es mayor cuanto menor sea la relación superficie/volumen.

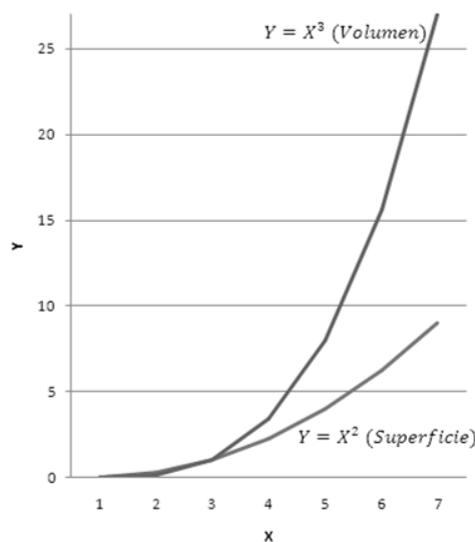


Figura 2.1.- Curvas representativas de la relación superficie-volumen

c.- Edad

Con la edad, los mecanismos termorreguladores del organismo se hacen menos eficientes, la frecuencia cardíaca máxima y la capacidad de trabajo físico disminuyen, y la producción de calor metabólico correspondiente a una determinada cantidad de trabajo aumenta poco o nada con la edad.

En ambientes muy calurosos, las personas de más edad tropiezan con más dificultades que las jóvenes para disipar la carga calorífica, al parecer debido a un retraso en la respuesta de sudoración, que se muestra lenta, y a una disminución de la capacidad de disipar calor, lo que da como resultado un almacenamiento superior de calor durante la actividad, y un aumento de tiempo necesario para la recuperación.

d.- Etnia

Las diferencias étnicas frente al calor son sumamente sutiles y no se ha podido comprobar que el color de la piel tenga efectos importantes en la absorción de las radiaciones infrarrojas. Por otra parte cuando sujetos nórdicos, por ejemplo, se exponen por primera vez a los climas calurosos del trópico sus organismos sufren notablemente, hasta que se aclimaten, por lo que seguramente las diferencias se deban más a problemas de aclimatación.

e.- Vestido

Otro factor muy importante es el vestido que modifica la interrelación entre el organismo y el medio al formar una frontera de transmisión entre ambos que amortigua o incrementa los efectos del ambiente térmico sobre la persona.

La ropa ejerce un apantallamiento protector ante el calor radiante del sol o de un horno y en caso de frío limita el contacto de la piel con el frío, formando un colchón de aire caliente (calentado por el cuerpo) entre el aire frío y la piel, y limita la velocidad del aire frío sobre la piel.

f.- Aclimatación al Calor

Es la adaptación a condiciones micro-climáticas calurosas y se adquiere en un tiempo entre 7 y 14 días, y quizás más, de exposición a las mismas. No obstante, ni una aclimatación “perfecta” puede garantizar que una persona esté totalmente protegida en situaciones extremas. Cuando una persona se expone inicialmente a un ambiente caluroso, se manifiesta bruscamente en ella una tensión calórica superior a la que experimenta una persona aclimatada, su temperatura rectal y su frecuencia cardíaca sufren aumentos rápidos y muy pronunciados, se presentan malestares que pueden llegar a ser muy severos y hasta alcanzar situaciones de angustia.

2.3.AMBIENTE TÉRMICO⁷

El intercambio de calor entre el medio y el hombre determina el grado de compatibilidad térmica entre el organismo y el entorno donde se encuentra. Este intercambio, que es extremadamente complejo, se efectúa por varias vías, de las cuales las fundamentales desde el punto de vista práctico son: la radiación, la convección, la evaporación del sudor.

Así pues, el fenómeno térmico se estudia utilizando los cuatro factores que componen y caracterizan el ambiente térmico: temperatura del aire, temperatura radiante media, velocidad del aire y humedad, interrelacionados con el calor metabólico y la vestimenta.

2.3.1. Influencia de la Temperatura sobre el Organismo

La temperatura se trata sin lugar a dudas de la magnitud más importante de trabajo en áreas laborales calurosas, como lo es de aquellos trabajos que tienen una dependencia directa de las condiciones meteorológicas. Tanto para altas temperaturas como por las bajas que suelen ser difíciles, se producen alteraciones en la salud que deben ser conocidos y analizados para evitar los efectos perniciosos que a consecuencia de las mismas pudieran producirse. A continuación se hace una presentación esquematizada de tales circunstancias de manera que podamos conocer e identificar los síntomas de la exposición a altas o bajas temperaturas y las consecuencias de las mismas.

Efectos de las temperaturas altas sobre el organismo (Vighi, F)

⁷ PEDRO MÓNDELO, Diseño de puestos y espacios de trabajo, Tercera Edición, 2004, Pág. 37

Calentamiento (HIPERTEMIA)

Vasodilatación

Activación de las glándulas sudoríparas

Aumento de la circulación periférica

Cambio electrolítico del sudor con pérdida de cloruro sódico

Consecuencias de la hipertermia

Trastornos psíquicos

Deshidratación y desalinización

Hiperpirexia por golpe de calor

Efectos de las temperaturas bajas sobre el organismo

Enfriamiento (HIPOTERMIA)

Vaso constricción sanguínea

Cierre de las glándulas sudoríparas

Disminución de la circulación periférica

Autofagia de grasas

Encogimiento

Muerte a temperatura interna inferior a 28° C por paro cardíaco

Consecuencias de la Hipotermia

Malestar general

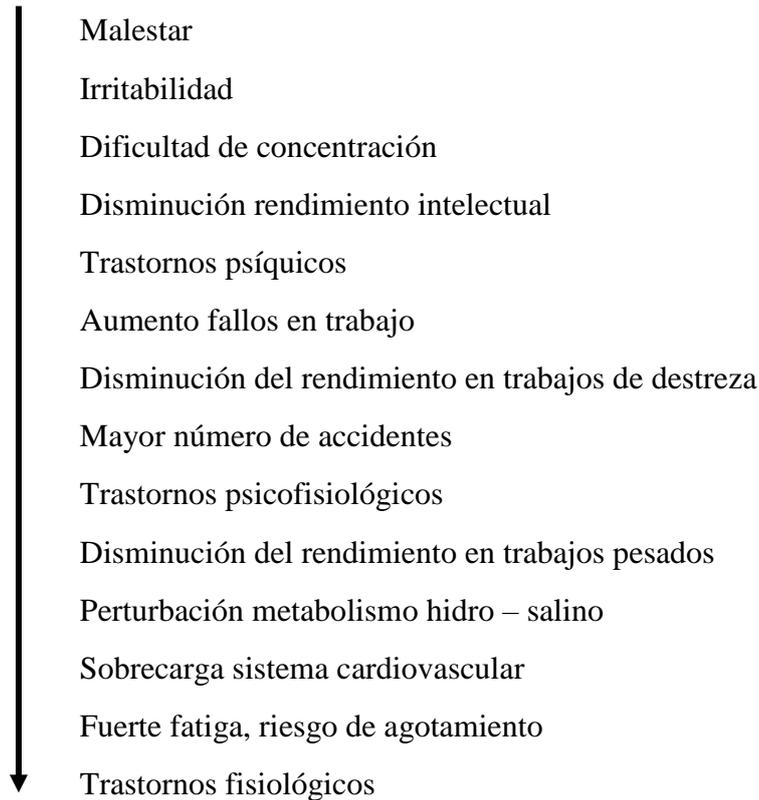
Disminución de la destreza manual

Comportamiento descoordinado por falta de riego al cerebro

Congelación de los miembros

Correlación entre rendimiento y aumento de temperatura ambiental según Grandjean(en Vighi, F)

20°C T^a confortable Capacidad rendimiento plena



35 – 40 °C Límite de la máxima temperatura tolerable

2.3.2. Efectos perniciosos producidos por el Calor

a. Calambres

Se caracteriza por espasmos localizados en los brazos, las piernas o el abdomen, y producido por el agotamiento del contenido de agua y sal del organismo. Entre las causas debe citar la realización de un ejercicio físico energético en un ambiente

cálido. Es característico de deportistas y agricultores entre otras actividades. Algunos expertos indican que pueden significar un preludio para un choque por calor.

b. Síncope

El Síncope de calor suele identificarse como un desfallecimiento que normalmente se corrige por sí solo al llevar al trabajador a un lugar fresco y acostarlo en el suelo, siendo conveniente suministrar un poco de agua al trabajador afectado. Puede revestir peligrosidad si existen náuseas o pérdida de conocimiento.

c. Golpe de Calor (insolación o Hiperpirexia del calor)

Es un trastorno que debido a su importancia debe ser bien conocido. Se trata de un cuadro grave que se produce cuando el cuerpo es incapaz de regular su propia temperatura y se produce una situación de desajuste térmico. Esta alteración se traduce en un aumento brusco y sostenido de la temperatura interna corporal. Su forma más habitual ocurre por exceso de exposición al sol y se denomina insolación. Se acompaña de dolor de cabeza, fatiga, calambres musculares, náuseas, elevación de la temperatura corporal y abundante sudoración. Si se permanece mucho tiempo en este estado sin tomar las medidas oportunas, la piel aparece caliente y seca, se produce aceleración del pulso, adormecimiento y pérdida de la conciencia, llevando al paciente a la muerte.

Los síntomas son temperatura corporal alta, suele superar los 40.5°C, piel caliente, roja y, en casos severos, puede aparecer color ceniza que puede estar seca. La piel seca ha sido comúnmente el signo del golpe de calor, sin embargo, se puede

observar sudoración normal o aún externa en algunas víctimas. El pulso es intenso, fuerte, rápido e irregular, la respiración rápida y puede ser ruidosa. Aparece dolor de cabeza, aturdimiento y sensación de calor, alteraciones de la conciencia, confusión, aturdimiento y agitación que puede progresar a convulsiones, coma o pérdida del conocimiento.

2.3.3. Magnitudes y Unidades

En el estudio de la interrelación entre las personas y el ambiente térmico: dentro del sistema hombre-máquina, es necesario analizar los parámetros térmicos propios del cuerpo humano (temperaturas del cuerpo, metabolismo, etc.), los factores que integran el ambiente térmico (temperatura del aire, temperatura radiante, humedad y velocidad del aire), y otros factores, como la ropa que, de una forma u otra intervienen en dicho intercambio.

a. De los factores humanos

- Temperaturas, todas en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$) {Interna (t_i) o corporal (t_c), Esofágica, Rectal, Sublingual, oral o bucal, Timpánica, de la piel o cutánea}
- Calor metabólico (M), en Joules (J)
- Fuerza (F), en Newton (N)
- Trabajo (W), en joule (J)
- Nivel de actividad, potencia (P), en Watts (W)
- Aislamiento térmico de la ropa

b. De los factores del ambiente térmico

Temperaturas, todas en grados Celsius (°C)

- Del aire (ta) o seca (ts) o de bulbo seco (tbs)
- Húmeda (th) o de bulbo húmedo (tbh)
- De globo (tg)
- Radiante media (TRM)
- Del aire natural (tan) o ambiental (tamb)
- De bulbo húmedo natural (tbhn)
- Temperatura operativa (to)

Humedad del aire

- Humedad relativa (HR) %
- Humedad absoluta (HA) Kg/Kg aire seco, o en kg/m^3
- Presión parcial del vapor de agua (pa)

Velocidad del aire, en m/s

- Velocidad del aire (va)
- Velocidad relativa del aire (var)

2.4.MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL ESTRÉS TÉRMICO

La proporción de trabajadores que desarrollan su actividad en el sector de servicios es cada vez más numerosa y son frecuentes los problemas creados por la falta de confort térmico. Por lo que es de gran interés disponer de criterios de valoración y métodos de control para estas situaciones.

El interés por la valoración del microclima laboral no es nuevo y desde principios de siglo los especialistas han procurado encontrar un índice que resuma en un solo valor una situación micro climática dada.

De todas formas la proliferación de índices es un argumento más que razonable para poner en duda la eficacia absoluta de éstos. Últimamente diferentes normas ISO han sido publicadas y recogidas como referencia en el campo del estrés y confort térmico. A continuación se detallan los índices de confort y estrés térmico más importantes que han aparecido históricamente, así como los autores y los años de publicación.

Tabla 2.1.- Índices de confort más importantes

AÑO	MÉTODO	AUTOR
1923	Temperatura efectiva	Houghton & Yaglogou
1929/36	Temperatura equivalente	Dufton
1931/48	Temperatura resultante	Missenard
1967	Temperatura media de la piel	Gagge
1970	<i>Índice de valoración media</i>	Fanger
1972	Temperatura efectiva estándar	Gagge
1973	Humedad de la piel	González & Gagge

Fuente: Estudio de Estrés térmico en Almería - España

Elaborado por: Wilson Sánchez O.

Tabla 2.2.- Índices de estrés más importantes

AÑO	MÉTODO	AUTOR
1945	Índice de viento frío	Siple & Passel
1946	Temperatura efectiva corregida	Bedford
1947/60	Predicción de la sudoración para 4 horas	McArdle & McPhurson
1955	<i>Índice de sobrecarga calórica</i>	Belding & Hatch
1957	<i>Temperatura de globo y bulbo húmedo</i>	Yaglou & Minard
1957	Índice Oxford	Lind

1960	Predicción de los latidos del corazón	Fuller&Brouha
1963/76	Índice de estrés térmico	Givoni
1971	Índice de temperatura de globo húmedo	Bostford
1974/77	Límite de exposición termicofisiológica	Dasler
1981	Tasa de sudoración requerida	Vogt
1984	Índice del aislamiento del vestido requerido	Holmér

Fuente: Estudio de Estrés térmico en Almería - España

Elaborado por: Wilson Sánchez O.

2.4.1. Índice DE Valoración Medio (Ivm) Fanger⁸

El método Fanger para la valoración del confort térmico, fue propuesto en 1970 por P.O. Fanger, en la publicación Thermal Comfort (New York, McGraw-Hill, 1973). Este método es en la actualidad uno de los más extendidos para la estimación del confort térmico.

A partir de la información relativa a la vestimenta, la tasa metabólica, la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la velocidad relativa del aire y la humedad relativa o la presión parcial del vapor de agua, el método calcula dos índices denominados Voto Medio Estimado (PMV-predicted mean vote) y Porcentaje de Personas Insatisfechas (PPD-predictedpercentage dissatisfied), valores ambos, que aportan información clara y concisa sobre el ambiente térmico al evaluador. La importancia y aplicación generalizada del método queda patente en su inclusión como parte de la norma ISO 7730 relativa a la evaluación del ambiente térmico.

⁸<http://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php>

El Voto Medio Estimado, es un índice que refleja el valor de los votos emitidos por un grupo numeroso de personas respecto de una escala de sensación térmica de 7 niveles (frío, fresco, ligeramente fresco, neutro, ligeramente caluroso, caluroso, muy caluroso), basado en el equilibrio térmico del cuerpo humano (la producción interna de calor del cuerpo es igual a su pérdida hacia el ambiente).

El equilibrio térmico depende de la actividad física, de la vestimenta, y de parámetros ambientales como: la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la velocidad del aire y la humedad del aire.

El Voto Medio Estimado predice el valor medio de la sensación térmica. No obstante, los votos individuales se distribuirán alrededor de dicho valor medio, por lo que resulta útil estimar el porcentaje de personas insatisfechas por notar demasiado frío o calor, es decir aquellas personas que considerarían la sensación térmica provocada por el entorno como desagradable.

2.4.2. Índice de la Sobrecarga Calórica

Si se quiere tener una idea del grado de tensión térmica a que está expuesto un sujeto, se puede optar por el índice de Sobrecarga Calórica (ISC). Este índice fue desarrollado por Belding y Hatch en 1955, en la universidad de Pittsburgh, como Heat Stress Index (HSI).

El método se basa en el cálculo de la magnitud de los intercambios térmicos entre la persona y el ambiente por medio de los tres mecanismos fundamentales a través de los cuales tiene lugar dicho intercambio térmico: convección, radiación y evaporación, además de la producción de calor metabólico generado por la actividad.

Para sus cálculos se utilizan la expresión que se muestran a continuación, aunque para una visión rápida, pero no tan precisa como la que ofrece el método analítico, también existen nomogramas. El ISC expresa la relación existente entre la evaporación requerida (E_{req}) para lograr el equilibrio térmico, y la evaporación máxima posible (E_{max}) en ese ambiente.

$$ISC = \frac{E_{req}}{E_{max}} * 100 \quad Ec. 2.1$$

2.4.3. Índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo

El índice TGBH (ó WBGT por sus siglas en inglés WetBulbGlobeTemperature) fue establecido por Yaglou&Minard, en los años 50 para la US NAVY, como un método rápido y fácil para determinar la severidad del ambiente térmico durante la ejecución de ejercicios y entrenamientos militares. Ha sido recogido como criterio internacional por la ISO 7243 y tiene, entre otras, la ventaja de su sencillez en su aplicación: mediciones, cálculos e interpretación. Para el cálculo del TGBH se utilizan las siguientes expresiones, según sea, sin radiación solar (Ec. 1.2), o con presencia de radiación solar (Ec. 1.3).

$$TGBH = 0.7t_{bhn} + 0.3t_g \quad Ec. 2.2$$

$$TGBH = 0.7t_{bhn} + 0.2t_g + 0.1t_a \quad Ec. 2.3$$

Siendo:

TGBH: Índice de temperatura de globo y bulbo húmedo, (°C)

t_{bhn} : Temperatura de bulbo húmedo natural, (°C)

t_g : Temperatura de globo, (°C)

t_a : Temperatura del aire, (°C)

a. Metodología para la medición

La determinación del valor del índice TGBH requiere del empleo de un termómetro de globo negro, termómetro de bulbo húmedo natural, y un termómetro de bulbo seco, según se muestra en el esquema de la Figura 1.2.

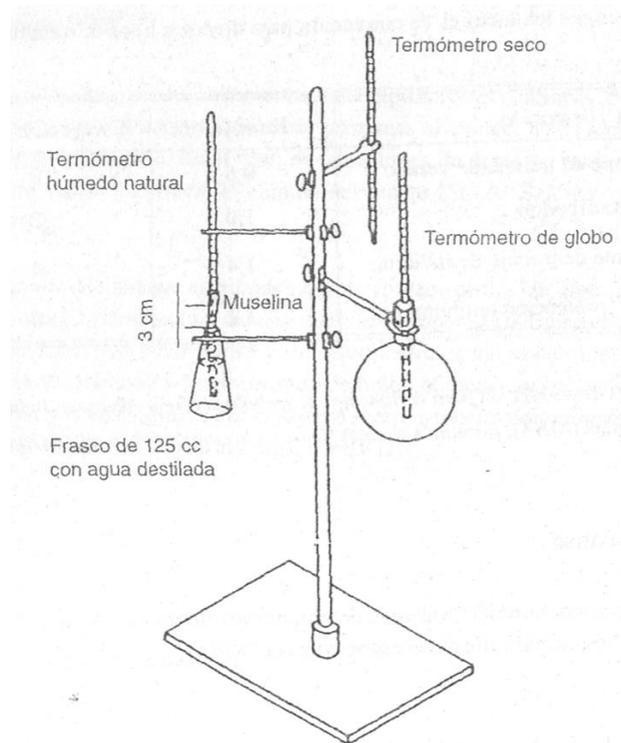


Figura 2.2.- Instrumentos para la medición del TGBH

El termómetro de globo está constituido por un termómetro cuya parte sensor se encuentra en el centro de un globo hueco de cobre, pintado de negro mate, que debe ser expuesto hasta que se estabilice la medida, lo que usualmente ocurre entre los 20 y los 25 minutos.

El termómetro de bulbo húmedo natural, se encuentra recubierto de una muselina empapada en agua destilada cuyo extremo inferior debe estar inmerso en un recipiente de agua destilada, del que debe salir de entre 2 y 3 centímetros. El

recipiente que contiene el agua destilada estará diseñado de tal forma que la temperatura del agua en su interior no pueda elevarse como resultado de la radiación del ambiente.

La muselina o camiseta de algodón estará siempre empapada, y para iniciar las mediciones tendrá que haber sido mojada al menos 15 minutos antes.

El termómetro de bulbo seco se usará únicamente cuando existe radiación solar; consiste en un termómetro cuyo sensor debe estar protegido de la radiación mediante un dispositivo que no impida la libre circulación del aire a su alrededor.

El valor de las mediciones se debe recoger simultáneamente en todos los termómetros, y con las medidas obtenidas se calcula el TGBH con una de las dos ecuaciones indicadas anteriormente, según sea el caso.

b. Aplicabilidad del índice TGBH

El índice es aplicable en la evaluación del estrés térmico en exposiciones continuas, pero en períodos de tiempos de exposición cortos; en situaciones de estrés próximas al confort no es representativo, por lo que no es recomendable su utilización. En el caso de situaciones de agresión muy intensa y duración muy corta es mucho más fiable y correcto el empleo del índice ISC o el de la sudoración requerida.

La Legislación Ecuatoriana (Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, artículo 54, literal e) regula los periodos de actividad de conformidad al (WBGT), índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo, con lo que se hace necesaria la

aplicación de este método para las mediciones estrés térmico para cumplir con la normativa en lo referente al ambiente laboral.

2.4.4. Índice de Sudoración Requerida (SW_{req})

De los métodos existentes para la evaluación del estrés térmico, uno de los métodos más completos es el índice de la sudoración requerida SW_{req} desarrollado por Vogt, Candas, Libert&Daull en 1981, y recogido en la norma ISO 7933.

La importancia de este método radica en que no solo proporciona los intervalos idóneos de sudoración requerida para colocar a la persona en situación de equilibrio térmico sino que, además, su interpretación establece una comparación entre la sudoración, la humedad de la piel y la evaporación del sudor requeridas por la actividad, y lo que es fisiológicamente posible y aceptable para el operario.

Este índice se apoya en la ecuación de balance térmico, y al igual que el método de Fanger para el confort, basa su cálculo en el conocimiento de los seis parámetros básicos: Carga metabólica, Temperatura del aire, Temperatura radiante media, Velocidad del aire, Aislamiento térmico de la ropa, Humedad relativa (o presión parcial del vapor de agua).

CAPÍTULO III

DISEÑO, SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO

3.1. INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE LAS TEMPERATURAS

Las temperaturas se miden con termómetros que pueden ser de diferentes tipos: líquidos, de resistencia, termoeléctricos y termistores.

- **LÍQUIDOS:** En los termómetros líquidos, la sustancia termoscópica utilizada es un líquido cuya dilatación debe ser lo más regular posible, las temperaturas que reflejen sus cambios de estado deben encontrarse muy alejadas entre sí. Su utilización es muy sencilla, pero tienen el inconveniente de su fragilidad y su constante de tiempo (entre 3 y 15 minutos). El líquido más empleado es el mercurio, para intervalos desde los $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta los $350\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- **TERMOELÉCTRICOS:** Se basan en la fuerza electromotriz que se produce cuando se sueldan dos hilos de metales distintos formando un circuito cerrado, siempre que las dos soldaduras estén a distintas temperaturas. La fuerza electromotriz para un par de metales dados depende de la diferencia de temperaturas entre sus soldaduras.

- **RESISTIVOS:** Los termómetros de resistencia se basan en un metal puro cuya resistencia eléctrica aumenta aproximadamente 0.4% por grado centígrado de incremento de temperatura.

- Lo constituyen las RTD (ResistanceTemperature Detector) o PT100 basadas en la dependencia de la resistividad de un conductor con la temperatura, están caracterizadas por un coeficiente de resistividad positivo PTC (Positive Termal Coefficient). También lo son las NTC (Negative Termal Coefficient), que se llaman TERMISTORES y están caracterizadas por un coeficiente de temperatura negativo.
- **TERMISTORES:** Son semiconductores en los que se produce un cambio sustancial en su resistencia en respuesta a un pequeño cambio de temperatura. Se basan en la variación de la conducción de una unión P-N polarizada directamente.

3.1.1. Termómetros Líquidos⁹

Funciona por la dilatación de un líquido alojado en un bulbo, que se visualiza en un capilar cuyo pequeño diámetro permite apreciar grandes variaciones de la longitud del fluido dilatado para un determinado volumen.

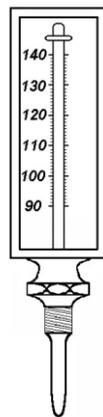


Figura 3.1- Termómetro Líquido

⁹ <http://www.fi.uba.ar/laboratorios/lscm/termometros.pdf>

La expresión del volumen total del fluido encerrado es:

$$V = V_0(1 + \alpha * \Delta t) \quad \text{Ec. 3.1}$$

V= Volumen final del líquido

V₀= Volumen inicial del líquido

α= Constante de dilatación térmica

Δt= Variación de temperatura

En aplicaciones industriales se protege los termómetros con una vaina o cubierta de metal, que puede ser acero (generalmente inoxidable) o bronce, latón, aluminio, níquel.

Los rangos de medición de algunos líquidos de se presentan en la Tabla 3.1

Tabla 3.1. Características de diferentes líquidos

Líquido	Desde	Hasta
Mercurio	-35 °C	280 °C
Mercurio y capilar lleno de gas	-35 °C	450 °C
Pentanol	-200 °C	20 °C
Alcohol	-110 °C	50 °C
Tolueno	-70 °C	100 °C

Fuente: Instrumentación Industrial, Antonio Creus

Elaborado por: Wilson Sánchez O.

3.1.2.Sensores de Temperatura con Termopares¹⁰

¹⁰ http://www.bairesrobotics.com.ar/data/sensores_2003.pdf

Los termopares son baratos y robustos, tienen una estabilidad bastante buena a lo largo del tiempo. Debido a su pequeño tamaño, responden rápidamente a los cambios de temperatura, tienen una linealidad y exactitud razonable. Debido a que el número de electrones libres en un metal depende de la temperatura y de la composición del metal, dos metales de desigual isoterma, dan una diferencia de potencial que es una función repetible de la temperatura.

Este fenómeno se observa en la Figura 3.2. El voltaje resultante depende de las temperaturas, T_1 y T_2 , de una manera repetible.

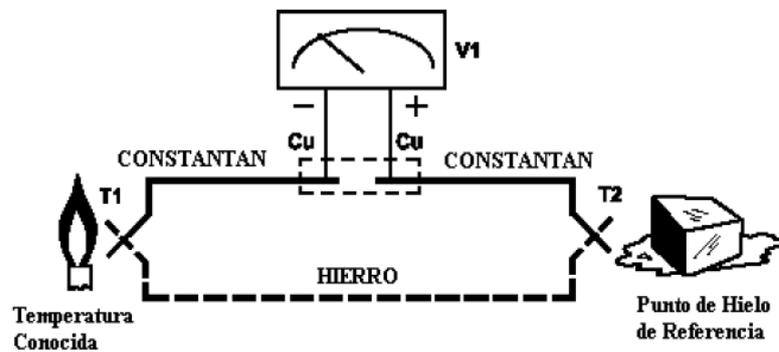


Figura 3.2.- Voltaje del termopar con referencia a 0°C

3.1.3. Sensores de Temperatura con Elementos Resistivos

a. RTD (Resistance Temperature Detector)

Los dispositivos RTD más comunes están contruidos con una resistencia de platino (Pt), llamadas también PRTD, aunque también se utilizan otros materiales cuyas características se recogen en la Tabla 3.2. Típicamente tienen una resistencia entre 20Ω y $20k\Omega$. La ventaja más importante es que son lineales dentro del rango de temperatura entre -200°C y 850°C .

La Figura 3.3. muestra las Curvas de Resistencia de varios metales en función de la Temperatura.

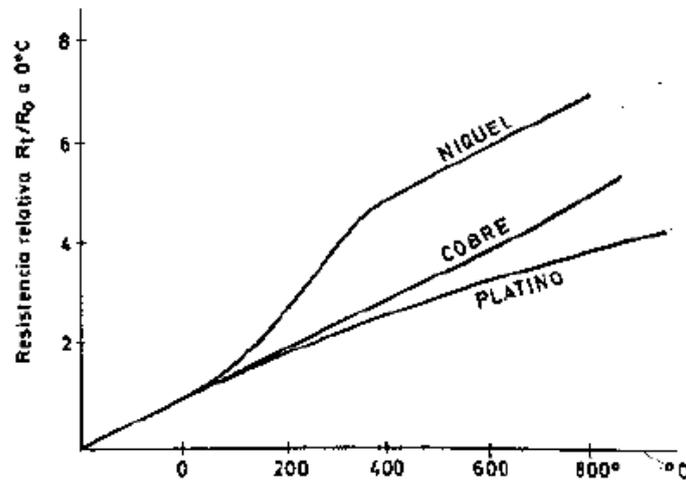


Figura 3.3.- Curvas de Resistencia de varios Metales en función de la Temperatura

b. Termistores

Otros sensores resistivos mucho más económicos que las RTD son los termistores, aunque no son lineales son mucho más sensibles, pueden tener un coeficiente de temperatura positivo o negativo, estos últimos son los más usados y se denominan NTC.

c. NTC (Negative Thermal Coefficient)

Los termistores NTC son resistencias sensibles a la temperatura, están fabricados de una mezcla de óxidos de Mn, Ni, Co, Cu, Fe y están moldeados en un cuerpo cerámico de varios tamaños, típicamente tienen una resistencia entre 50Ω y $1M\Omega$ a 25°C y una sensibilidad del $4\%/^\circ\text{C}$ a 25°C .

El efecto de Coeficiente Negativo con la Temperatura puede resultar de un cambio externo de la temperatura ambiente o un calentamiento interno debido al

efecto Joule de una corriente que fluye a través del termistor. En la Figura 3.4 se observa la curva típica del termistor.

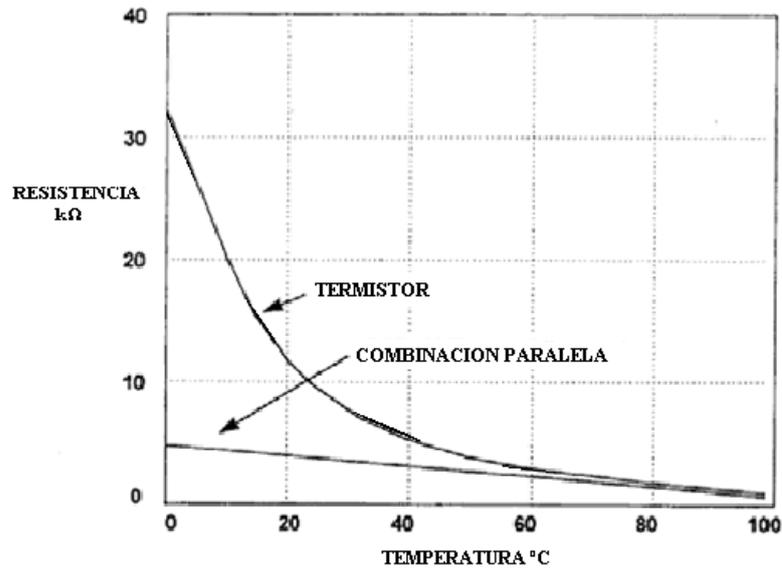


Figura 3.4- Características comunes de los termistores o NTC

d. PTC (Positive Temperature Coefficient)

Los termistores PTC son resistencias que principalmente están compuestas de bario y estroncio con titanio. La adición de dopantes hace que la componente semiconductora entregue una característica de resistencia con respecto a la temperatura, aunque son muy poco utilizados.

3.1.4. Sensores de humedad relativa.

La humedad presente en el aire circundante influye en la evaporación del sudor, ya que un aire no saturado permite la transferencia de masa y, por consiguiente, evaporación del sudor y disipación del calor. A mayor humedad, menor eliminación del sudor.

a. Tipos de sensores de humedad relativa.

Existen una variedad de sensores de humedad disponibles, entre ellos los capacitivos y resistivos, y algunos integrados con diferentes niveles de complejidad y prestaciones.

- **Sensores de Humedad Capacitivos.** Lo conforman un condensador de dos láminas de oro como placas y como dieléctrico una lámina no conductora que varía su constante dieléctrica, en función de la humedad relativa de la atmósfera ambiente. El valor de la capacidad se mide como humedad relativa.
- **Sensores de Humedad Resistivos.** Un electrodo polímero montado en tandem, sensa la humedad en el material. Además un circuito acondicionador y linealizador dan una salida estándar.

3.2.- MICROCONTROLADOR¹¹

Es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador (esto es CPU, memorias RAM, EEPROM). Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada, y debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de controlador incrustado.

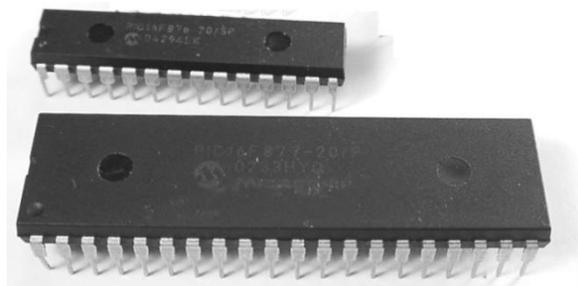


Figura 3.5.- Microcontrolador

¹¹ CARLOS A REYES, Microcontroladores PIC, Tercera Edición, 2004, Pág. 1

El Microcontrolador (Figura 3.5) es un computador dedicado. En su memoria solo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus puertos de entrada / salida soportan el conexionado de sensores y actuadores del dispositivo a controlar, y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender a sus requerimientos. Una vez configurado y programado el Microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada.

3.2.1.- El Procesador

El procesador de los modernos Microcontroladores responde a la arquitectura RISC (Computadores de Juego de Instrucciones Reducido), que se identifica por poseer un repertorio de instrucciones máquina pequeño y simple, de forma que la mayor parte de las instrucciones se ejecutan en un ciclo de instrucción.

3.2.2.- Memoria de Programa

El Microcontrolador está diseñado para que en su memoria de programa se almacenen todas las instrucciones del programa de control. No hay posibilidad de utilizar memorias externas de aplicación.

Como el programa a ejecutar siempre es el mismo, debe estar grabado de forma permanente. Los tipos de memoria adecuados para soportar esta función admiten versiones diferentes: *ROM con máscara, EPROM:OTP (Programable otra vez), EEPROM, FLASH*

3.2.3.- Memoria de Datos

La memoria de datos que manejan los programas varían continuamente, y esto exige que la memoria que les contiene debe ser de lectura y escritura, por lo que a memoria RAM estática (SRAM) es la más adecuada, aunque sea volátil, también

para escritura no volátil, del tipo EEPROM. De esta forma, un corte en el suministro de la alimentación no ocasiona la pérdida de información, que está disponible al reiniciarse el programa.

3.2.4.- Líneas de E/S para Periféricos

Las líneas de E/S que se adaptan con los periféricos manejan información en paralelo y se agrupan en grupos de ocho, que reciben el nombre de puertos. Hay modelos que soportan la comunicación en serie; otros disponen de conjuntos de líneas que implementan puertos de comunicación para diversos protocolos, como el I²C, el USB, etc.



Figura 3.6- Dispositivos periféricos de un Microcontrolador

3.2.5.- Recursos Auxiliares

Según las aplicaciones a las que orienta el fabricante cada modelo de Microcontrolador, incorpora una diversidad de complementos que refuerzan la potencia y la flexibilidad del dispositivo. Entre los recursos más comunes se citan los siguientes: Circuito de reloj, Temporizadores, Perro guardián (watchdog),

Convertidores Análogo-Digitales y Digitales-Análogos, Comparadores analógicos, Sistema de protección ante fallos de la alimentación, Estado de reposo.

3.3.- COMUNICACIONES

3.3.1.- Medios de Transmisión

Los medios de transmisión están clasificados en guiados (por cable) y no guiados (sin cable).

a. Medios Guiados

Son aquellos que utilizan unos componentes físicos y sólidos para la transmisión de datos. También conocidos como medios de transmisión por cable, los más empleados son: par trenzado, cable coaxial y fibra óptica.

3.3.2.- Medios No Guiados

Los medios no guiados o sin cable han tenido gran acogida al ser un buen medio para cubrir grandes distancias y hacia cualquier dirección, su mayor logro se dio desde la conquista espacial a través de los satélites y su tecnología sigue cambiando. La transmisión y recepción se realiza por medio de antenas (ondas de radio)

3.3.3.- Comunicación Serial

Un dispositivo serial utiliza un protocolo de comunicación, que es estándar para casi cualquier PC. La mayoría de las computadoras incluyen puertos seriales RS-232 (fue desarrollado en 1960 como un estándar para manejar la interconexión

entre Terminales y Módems). Además se puede usar comunicación serial para adquisición de datos en conjunto con un dispositivo de muestreo remoto.¹²

a.- Comunicación Serial Rs-232

RS-232 (Estándar ANSI/EIA-232) es el conector serial que se encuentra en todas las PC's en la actualidad. Los usuarios lo utilizan con diversos propósitos, como el conectar periféricos, impresoras, o módems, así como para instrumentación industrial. Debido a la línea del driver y mejoras en el cableado, las aplicaciones comúnmente incrementan el desempeño del RS-232 más allá de la distancia y velocidad listadas en el estándar.

3.4.- INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL

3.4.1.- Introducción¹³

La rápida adopción de la PC en los últimos 20 años generó una revolución en la instrumentación de ensayos, mediciones y automatización. Un importante desarrollo resultante de la generalidad de la PC es el concepto de instrumentación virtual, el cual ofrece variados beneficios a ingenieros y científicos que requieran mayor productividad, precisión y rendimiento.

Un instrumento virtual consiste de una computadora o una estación de trabajo, equipada con poderosos programas (software), hardware económico, tales como placas para insertar, y manejadores (drivers) que cumplen, en conjunto, las

¹²

<http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all/D275FD9CA656670286256F930061491D>

¹³ http://www.aadeca.org/socios/tracnova/La_Instrumentacion_Virtual.pdf

funciones de instrumentos tradicionales. Con los instrumentos virtuales, los usuarios construyen sistemas de medición y automatización que se ajustan exactamente a sus necesidades (definidos por el usuario), en lugar de estar limitados por los instrumentos tradicionales de funciones fijas (definidos por el fabricante).

3.4.2.- Instrumentos Tradicionales

Los instrumentos autónomos tradicionales, tales como osciloscopios y generadores de ondas, son muy poderosos, caros y diseñados para llevar a cabo una o más tareas específicas definidos por el fabricante. Sin embargo, el usuario por lo general no puede extender o personalizar esas tareas.

3.4.3.- Instrumentos Virtuales

Los instrumentos virtuales aprovechan substancialmente los beneficios de la tecnología de las computadoras personales corrientes. Además de incorporar características poderosas, esas plataformas también ofrecen un acceso sencillo a herramientas también poderosas tales como el Internet. Los instrumentos tradicionales también adolecen frecuentemente de falta de portabilidad, en tanto que los instrumentos virtuales que corren en las computadoras portátiles automáticamente incorporan esta naturaleza portátil.

3.4.4.- Ventajas.- Flexibilidad, Reducción de Costos y Hardware para Aplicaciones Específicas.

3.4.5.- El Software en la Instrumentación Virtual

El software es el componente más importante de un instrumento virtual. Con la herramienta de software apropiada, los usuarios pueden crear eficientemente sus propias aplicaciones, diseñando e integrando las rutinas que requiere un proceso

en particular. También pueden crear las interfaces de usuario que mejor satisfagan el objetivo de la aplicación y de aquéllos que van a interactuar con ellas. Teniendo como ventajas su modularidad y para aplicaciones distribuidas.

3.4.6.- El Software “Labview”

LABVIEW es una parte integral de la instrumentación virtual dado que provee un medio ambiente de desarrollo de aplicaciones que es fácil de utilizar y está diseñado específicamente teniendo en mente las necesidades de ingenieros y científicos. LABVIEW ofrece poderosas características que facilitan la conexión a una gran variedad de hardware y otro software mediante la programación gráfica.

Se puede personalizar paneles frontales con perillas, botones, diales y gráficos a fin de emular paneles de control de instrumentos tradicionales, crear paneles de ensayos personalizados o representar visualmente el control y operación de procesos.

a.- Componentes para trabajar en Labview

Panel Frontal: Se trata de la interfaz gráfica del VI con el usuario. Esta interfaz recoge las entradas procedentes del usuario y representa las salidas proporcionadas por el programa.

Diagrama de bloques: Constituye el código fuente del VI. Aquí se realiza la implementación del programa del VI para controlar o realizar cualquier procesamiento de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal.

Los controles e indicadores que se colocaron previamente en el Panel Frontal y se materializan en el diagrama de bloques mediante los terminales.

Paletas

Paleta de Herramientas (Tools Palette)

Se emplea tanto en el panel frontal como en el diagrama de bloques. Contiene las herramientas necesarias para editar y depurar los objetos tanto del panel frontal como del diagrama de bloques.

Paleta de Controles (Controls Palette)

Se utiliza únicamente en el panel frontal. Contiene todos los controles e indicadores que se emplearán para crear la interfaz del VI's con el usuario.

Paleta de Funciones (Functions Palette)

Se emplea en el diseño del diagrama de bloques. La paleta de funciones contiene todos los objetos que se emplean en la implementación del programa del VI, ya sean funciones aritméticas, de entrada / salida de señales, entrada / salida de datos a fichero, adquisición de señales, temporización de la ejecución del programa.

3.5.- CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

El dispositivo debe cumplir con las características de ser compacto, para medición en el sitio. Como dispositivos de entrada el equipo dispone de un bloque de sensores, en el cual estará ubicado los sensores de: temperatura húmeda natural, temperatura de globo, temperatura ambiente y humedad relativa. Estos estarán acoplados al dispositivo el cual se encargará de procesar las señales, realizar los cálculos necesarios, mostrar los datos al usuario, y en su momento entregar estos datos para ser usados de la manera más pertinente.

Las condiciones ambientales en las cuales trabajará el dispositivo son de características no muy severas, humedad relativa en el rango de 25 al 75%, temperaturas entre 5 y 40 °C, niveles sonoros oscilando entre 70 y 110 dB.

Con el objetivo de asegurar las mediciones, el instrumento se contrastará con los instrumentos de medición de temperatura que se posee en la empresa y en los Laboratorios de la ESPE Extensión Latacunga, con la finalidad de garantizar que las medidas que se están monitoreen sean fiables.

3.5.1.- Bloque de Sensores

Los sensores se encuentran dispuestos de la siguiente forma:

En la parte izquierda el sensor de la **temperatura ambiente** (ta), este debe estar protegido de la radiación solar, pero sin impedir el flujo de aire normal por el elemento sensor.

En la parte central se encuentra el sensor de la **temperatura húmeda natural** (thn), este elemento debe ser recubierto de una tela empapada del líquido usado para la medición, esta tela debe poseer la característica de absorber el líquido constantemente debido a que durante todo el proceso de medición debe estar empapada de alcohol o agua destilada.

En la parte derecha se encuentra el **sensor de la temperatura de globo** (tg), este sensor está localizado en la parte central de un globo de cobre de diámetro considerable (5 cm. aproximadamente.), pintado de color negro mate.

En la parte lateral derecha se encuentra ubicado el sensor de humedad, protegido mediante una malla metálica con la finalidad de proteger su integridad.

3.5.2.- Bloque Procesador

Se denomina así a la parte principal del dispositivo, sitio donde se localiza toda la circuitería electrónica encargada de:

- Recibir las señales provenientes de los sensores y procesarlas a través de los convertidores análogos - digitales del microcontrolador.
- Leer e indicar en la LCD, la fecha y la hora.
- Mostrar en la pantalla de cristal líquido (LCD) las diferentes variables.
- Guardar los datos de las variables en la memoria externa.
- Leer los datos de la memoria externa y enviar los datos a través del puerto serial a una computadora.

3.5.3.- Bloque de Comunicación

Se encuentra la interfaz del dispositivo con el usuario (teclado y pantalla LCD) y el puerto DB-9 para la conexión del dispositivo medidor con la PC. Desde aquí se puede controlar la visualización de los diferentes datos con los cuales se está trabajando, si es el necesario sincronizar el reloj interno, encender la luz de fondo de la pantalla de cristal líquido, y ordenar al dispositivo que realice una de las actividades para las cuales está configurado (realizar las mediciones, sincronizar reloj, descargar datos).

3.6.- DISEÑO DEL SISTEMA

El diseño consta de la etapa de amplificación y acondicionamiento de señales de los sensores, por ser la más delicada del sistema, luego a las etapa de comunicación con la memoria y el RTC, se acondicionó las corrientes que se

manipulan en el PIC sean las adecuadas y no dañen las entradas y salidas de este elemento. En cada elemento se procedió a medir la corriente que consume para en lo posible tratar de ahorrar energía en la batería.

La comunicación entre el evaluador de estrés térmico y la PC es serial (RS-232), y un software elaborado para este propósito.

El esquema general para la implementación del instrumento se ilustra en la Figura 3.7.

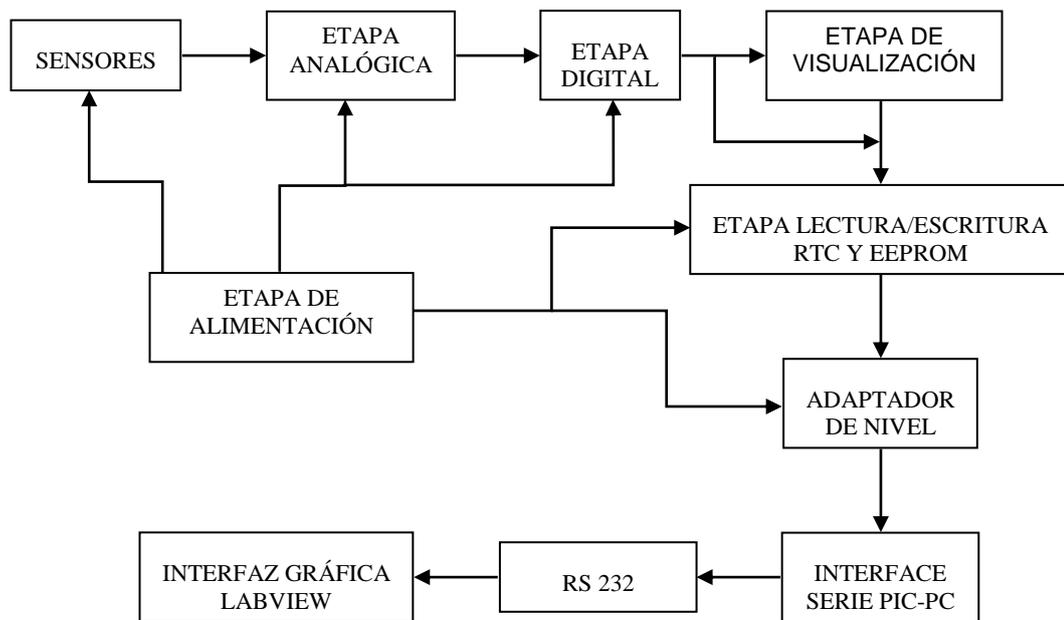


Figura 3.7.-Esquema general del instrumento

Los sensores, dispositivos de acondicionamiento y la tarjeta electrónica se los colocará en una caja plástica normalizada para este tipo de tareas.



Figura 3.9. Sensor de Humedad relativa HIH-4000.

En la figura 3.9.se muestra la apariencia del sensor de humedad relativa.

- Encapsulado SIP de 3 pines de 2.5mm de separación
- Rango de medición: 0 a 100% de HR (Humedad relativa).
- Temperatura de operación: -40 a 85°C
- Linealidad: $\pm 0.5\%$ de HR
- Salida: 0.8 - 3.9VDC (0-100% HR) @ $V_{cc}=5VDC$
- Tensión de alimentación: 4 a 5.8 VDC
- Monolíticos
- Aplicaciones: Refrigeración, secadores, instrumentación, controles industriales, meteorología, etc.
- Resistentes a vapores contaminantes, solventes orgánicos, cloro, amoníaco.
- No es afectado por la condensación del agua.

La figura 3.10. muestra la variación de la humedad relativa respecto al voltaje de salida.

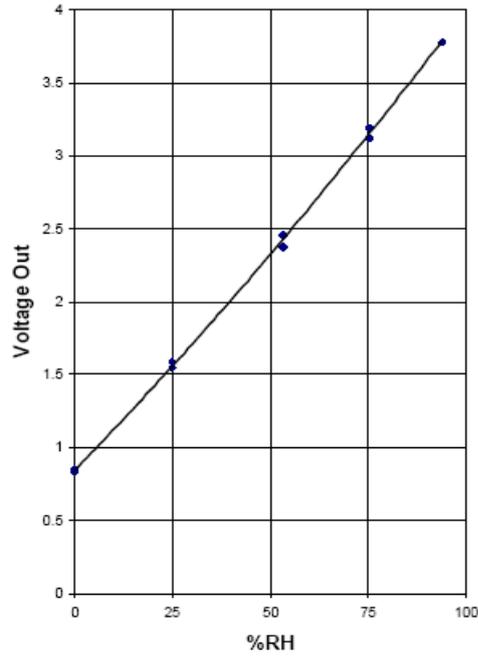


Figura 3.10. Humedad relativa Vs. Voltaje de salida.

De la gráfica de respuesta de Humedad Vs. Voltaje se toma dos puntos y se obtiene la ecuación pertinente para ingresarla en el programa del PIC.

P1 (0%, 0.8V) ó P1 (0%, 4/5 V) y P2 (100%, 3.9V) ó P2 (100%, 39/10 V).

Aplicando la ecuación de la recta se tiene:

$$V - \frac{4}{5} = \frac{31}{1000} (RH - 0)$$

Como: $V = (5 * Bits)/1023$ [Voltios].

Entonces reemplazando V, finalmente tenemos:

$$RH = \frac{200}{31} \left(\frac{25}{1023} Bits - 4 \right)$$

Dónde:

RH = % Humedad Relativa.

Bits = Son los valores resultantes de la conversión que variarán de 0 a 1023 bits.

Finalmente la ecuación RH, se la ingresará en el algoritmo del microcontrolador.

3.7.3.- Amplificadores

La señal proveniente de los sensores necesita ser amplificada para lo cual se utiliza el circuito integrado LM358 del fabricante STMICROELECTRONICS (Figura 3.11), está compuesto de dos amplificadores operacionales independientes, diseñado para funcionar con una alimentación simple o dual de 0 a 32 Vcc. La ganancia se la configura por medio de resistores externos, ofrece un rechazo al modo común (CMRR) de 85 dB. El consumo de corriente de 500 μ A.

Para mayor información de este circuito integrado refiérase al Anexo 3.

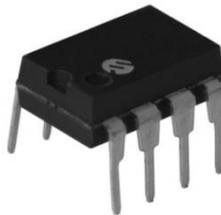


Figura 3.11.-Circuito Integrado LM358

3.7.4.- Microcontrolador

De la gama de microcontroladores de que existe en el mercado local se elige uno que sea versátil para su uso, de bajo consumo de corriente entre otras características. El programa con el cual funciona el dispositivo es de un tamaño considerable por lo que necesita un gran espacio de memoria en el microcontrolador.

Además tiene varios periféricos conectados al microcontrolador para lo cual se requiere de una cantidad considerable de pines para su respectiva conexión.

En la Tabla 3.2 se muestran las características de los microcontroladores de la serie PIC18Fxx2.

En la Figura 3.12 se tiene un microcontrolador PIC18F452 del fabricante Microchip, este dispositivo posee 40 pines de los cuales 33 se pueden usar como entradas o salidas.



Figura 3.12.- Microcontrolador PIC18F452

Device	On-Chip Program Memory		On-Chip RAM (bytes)	Data EEPROM (bytes)
	FLASH (bytes)	# Single Word Instructions		
PIC18F242	16K	8192	768	256
PIC18F252	32K	16384	1536	256
PIC18F442	16K	8192	768	256
PIC18F452	32K	16384	1536	256

Tabla 3.2.- Características de microcontroladores PIC

El PIC18F452 (Anexo 4) posee una memoria FLASH de 32 Kbytes, una RAM de 1536 bytes y una EEPROM de 256 bytes. Además, un convertidor análogo-digital

de 10 bits, comunicación serial RS232 y RS485, timers, interrupciones, comunicación por el protocolo I2C, entre otras características.

3.7.5.- Reloj en Tiempo Real

El dispositivo debe tomar lecturas en determinadas horas durante la jornada de labores, siendo necesario tener un control del tiempo, para el efecto se tiene un reloj en tiempo real (RTC - Real Time Clock), éste consiste en el circuito integrado DS1307 (DALLAS SEMICONDUCTOR, Figura 3.13., Anexo 5) con las siguientes características:

- Proporciona los segundos, minutos, horas, día de la semana, fecha, mes y año, con corrección de año bisiesto hasta el 2100.
- Alimentación de a 5 voltios, bajo consumo, 500 mA.
- Se puede conectar una batería de respaldo. La conexión y desconexión de la batería de respaldo es automática.
- Debido al bajo consumo de corriente, la batería de respaldo puede durar 10 años aproximadamente.
- Salida a colector abierto programable (SQW/OUT) en cuatro modos (1 Hz, 4 KHz, 8 KHz, 32 KHz).
- Las precisión de este integrado es de +/- 2 minutos por mes a 25°C.

Este chip posee la característica de comunicarse con el microcontrolador a través del protocolo I2C, lo que le convierte en el apropiado para trabajar con microcontroladores PIC.



Figura 3.13.- RTC DS1307

3.7.6.- Memoria Externa

El equipo debe almacenar una gran cantidad de datos durante la jornada de trabajo, para lo que se provee de una memoria 24LC04 del fabricante ATMEL (Figura 3.14. – Anexo 6), esta EEPROM provee de 4096 bits, organizados en páginas de 512 bits. El borrado/escritura es de forma eléctrica. Para la comunicación con el microcontrolador se usa el protocolo I2C, por lo que se coloca la memoria en el mismo bus en el cual se encuentra el RTC DS1307.

Además puede soportar 1'000.000 de procesos de borrado/escritura, asegurando una duración del equipo.



Figura 3.14.- Memoria EEPROM

DEFINICIÓN DE I2C (I²C)

Abreviatura de Inter-IC (inter integrated circuits), un tipo de bus diseñado por Philips Semiconductors a principios de los 80s, que se utiliza para conectar circuitos integrados (ICs). El I2C es un bus con múltiples maestros, lo que significa que se pueden conectar varios chips al mismo bus y que todos ellos pueden actuar como maestro, sólo con iniciar la transferencia de datos.

El bus I2C, un estándar que facilita la comunicación entre microcontroladores, memorias y otros dispositivos con cierto nivel de "inteligencia", sólo requiere de dos líneas de señal y un común o masa. Permite el intercambio de información entre muchos dispositivos a una velocidad aceptable, de unos 100 Kbits por segundo, aunque hay casos especiales en los que el reloj llega hasta los 3,4 MHz.

La metodología de comunicación de datos del bus I2C (Figura 3.15) es en serie y sincrónica. Una de las señales del bus marca el tiempo (pulsos de reloj) y la otra se utiliza para intercambiar datos.

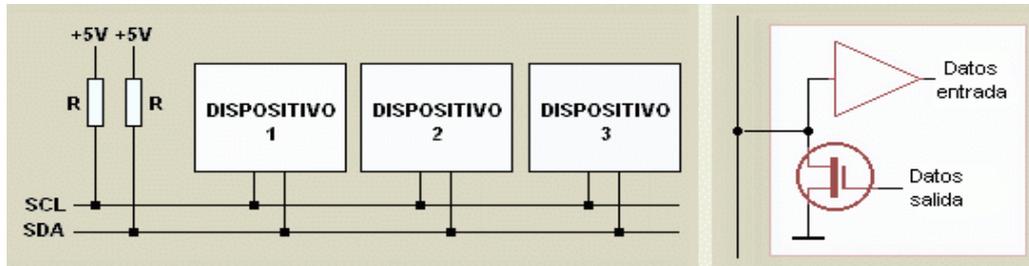


Figura 3.15.- Conexión de dispositivos I2C

Descripción de las señales

SCL (SystemClock) es la línea de los pulsos de reloj que sincronizan el sistema.

SDA (System Data) es la línea por la que se mueven los datos entre los dispositivos.

GND (Masa) común de la interconexión entre todos los dispositivos conectados al bus.

3.7.7.- Módulo de Visualización

Para mostrar los datos como son la hora, fecha, temperaturas, humedad y modo de trabajo, se hace necesario la colocación de un módulo de visualización de datos externo al microcontrolador, con este fin se elige una pantalla de cristal líquido (LCD-fabricante VISHAI – Anexo 7), este periférico muestra los caracteres enviados desde el microcontrolador en una pantalla de 2 filas, de 16 columnas cada una. En la Figura 3.16 se puede apreciar un LCD.



Figura 3.16.- Pantalla de cristal líquido (LCD)

3.7.8.- Interface Microcontrolador-Pc

Los datos almacenados en la memoria, en un determinado instante deben ser llevados a una PC, por lo que se necesita implementar un enlace entre estos dos dispositivos. Esto se lleva a cabo a través del circuito integrado MAX232 (Figura 3.17), Anexo 8.

El MAX232 es un circuito integrado que convierte los niveles de las líneas de un puerto serie RS232 a niveles TTL y viceversa. Necesita 5Vcc, ya que con la ayuda de un juego de condensadores genera niveles de tensiones que son necesarias para el estándar RS232. El MAX232 soluciona la conexión necesaria para lograr comunicación entre el puerto serie de una PC y cualquier otro circuito con funcionamiento en base a señales de nivel TTL/CMOS, el circuito integrado posee dos convertidores de nivel TTL a RS232 y viceversa, estos convertidores son suficientes para manejar las cuatro señales más utilizadas del puerto serie del PC, que son TX, RX, RTS y CTS, utilizadon para establecer el protocolo para el envío y recepción de los datos. En la mayoría de las aplicaciones solo se usa RX, TX y GND obteniendo excelentes resultados en la transmisión de datos.

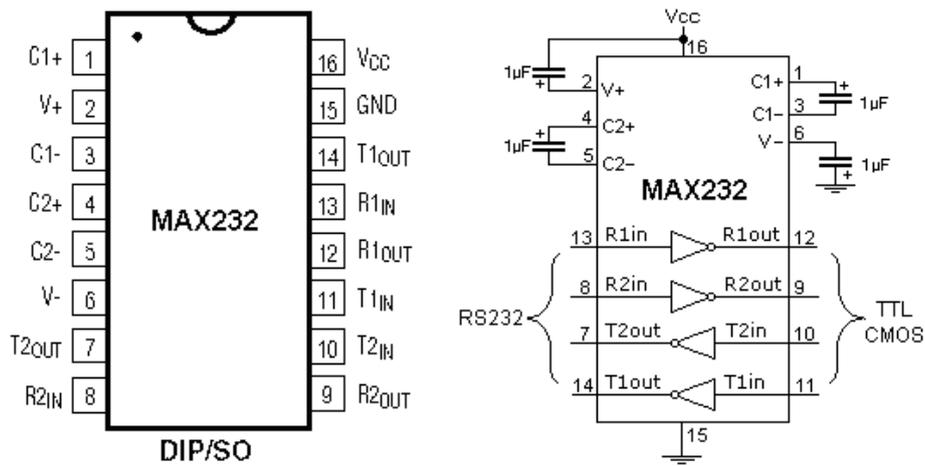


Figura 3.17.- Circuito integrado MAX232

La conexión típica de para este tipo de circuito se muestra en a Figura 3.18.

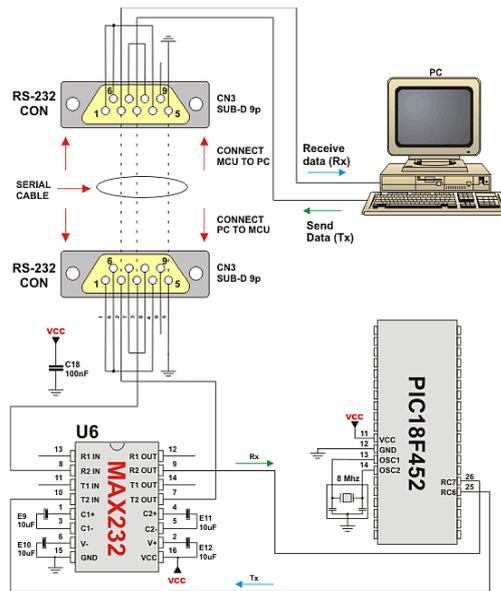


Figura 3.18.- Conexión típica del MAX232 con un microcontrolador

3.7.9.- Alimentación del Sistema

La alimentación del dispositivo debe estar asegurada durante 12 horas continuas de trabajo, por lo que elige una batería de alto rendimiento, la cual provee 7.2Vcc, el microcontrolador, los sensores y demás componentes funcionan a 5Vcc se

coloca un regulador de voltaje LM7805, similar al mostrado en la Figura 3.19. Este integrado un voltaje constante de 5 Vcc.

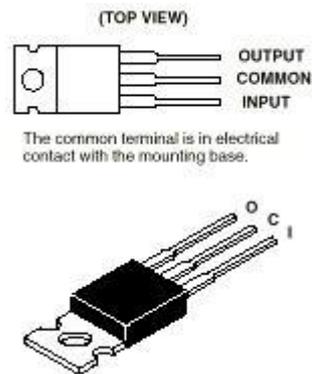


Figura 3.19.-Regulador de voltaje LM7805

3.8.- ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES

Para tener una señal óptima a la entrada del microcontrolador, se debe acondicionar la señal proveniente de los sensores, colocando filtros para eliminar ruidos externos y que pueden distorsionar la señal.

3.8.1.- Etapa de Amplificación

En esta es la etapa se debe evitar el ingreso de ruido externo a la señal del sensor, los elementos que integran esta etapa deben ser de un bajo consumo de corriente. Razones por las que se elige el amplificador operacional LM358 para esta operación. Está formado por dos amplificadores operacionales, se lo puede alimentar con una fuente dual o sencilla de corriente continua.

Para nuestra aplicación se usa los dos amplificadores que se dispone en este circuito integrado, el primer amplificador se configura como un seguidor de voltaje y a éste se ingresa la señal del sensor; el segundo se lo configura como un amplificador no inversor. Para el cálculo de la ganancia en este circuito se usa la ecuación 3.2.

3.9.1.- Enlace del Reloj y la Memoria

El reloj y la memoria se comunican con el microcontrolador bajo el protocolo I2C, motivo por el cual se puede colocar estos dos elementos en el mismo bus, tomando en cuenta únicamente la dirección de cada uno de los dispositivos.

El reloj en tiempo real posee una salida, la cual se la puede activar por software al momento de inicializar el reloj. Esta salida se encarga de encender un diodo LED para indicar al usuario que el dispositivo se encuentra funcionando. El Hardware usado para acoplar el microcontrolador con la memoria y el reloj se observa en la Figura 3.21

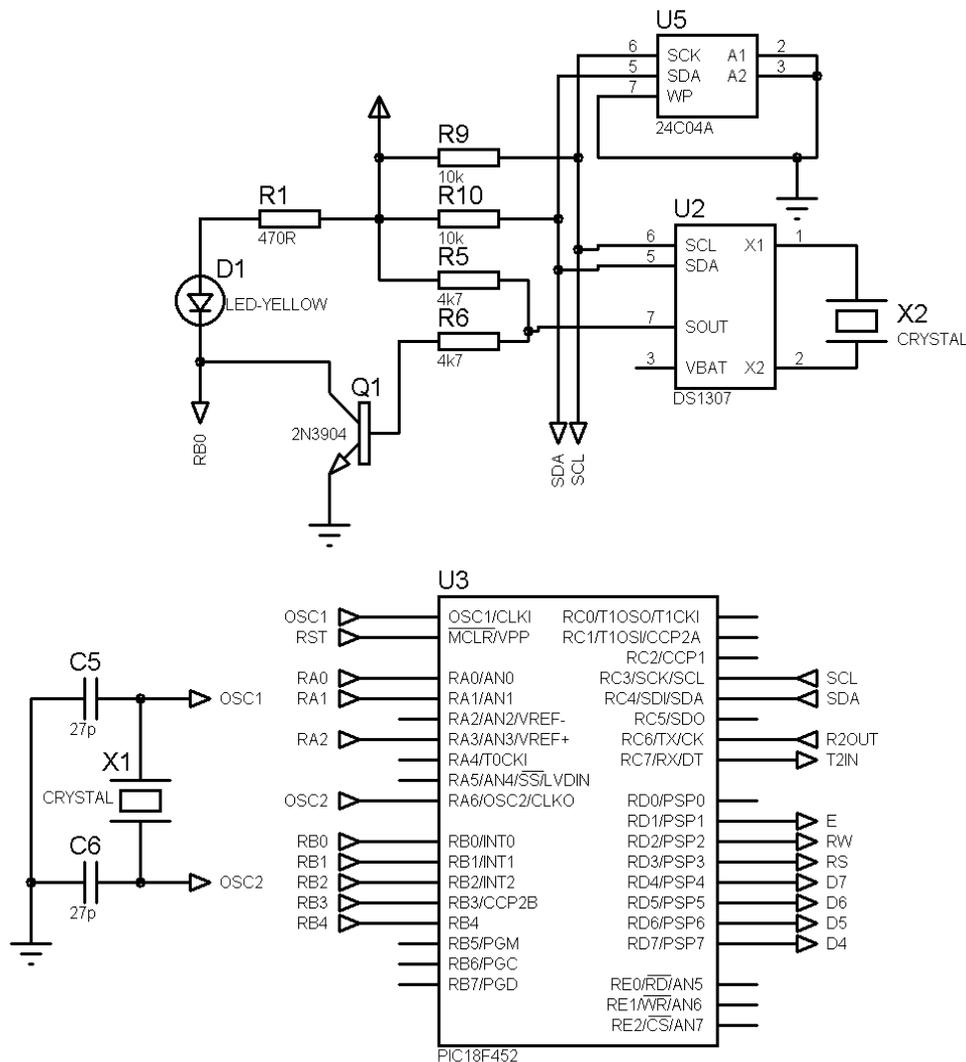


Figura 3.21.- Conexión del microcontrolador, la memoria y el RTC

3.9.2.- Enlace con la pantalla de cristal líquido

Para mostrar mensajes se provee al medidor de LCD (asignado el puerto D del microcontrolador), como el LCD funciona a 5 Vcc. El control del contraste está a cargo de una resistencia de 4.7KΩ que va desde el pin 3 del LCD a tierra. La luz de fondo o BACKLIGTH es controlada a través de un pulsador que se encuentra en el panel frontal, esto se hace con el objetivo de ahorrar energía en la batería. Esta conexión se muestra en la Figura 3.22. En esta pantalla se mostrará en 3 diferentes presentaciones la fecha y hora, las temperaturas, la humedad y los valores de estrés térmico interior y exterior que se están calculando. Así también las opciones para la descarga de datos y sincronización del reloj. Estas presentaciones se controlan por medio de pulsadores.

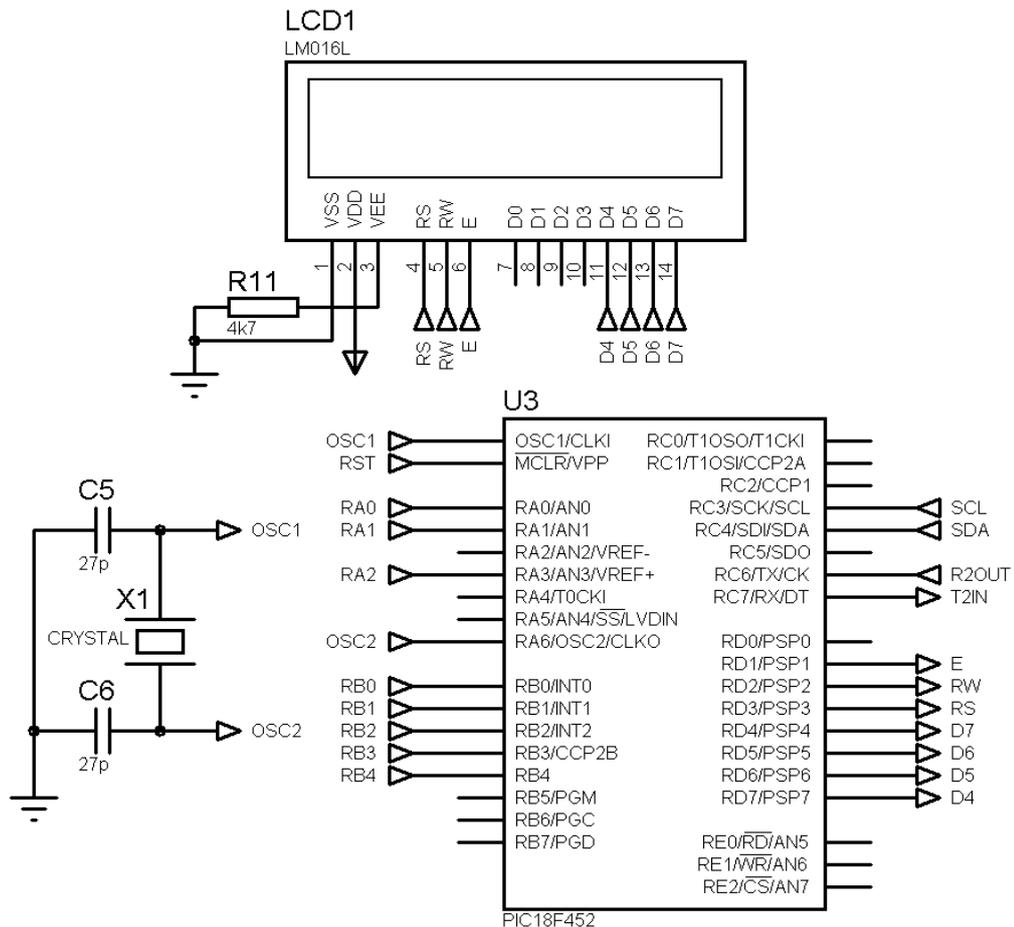


Figura 3.22.- Conexión del microcontrolador y el LCD

3.9.3.- Enlace para la transmisión de datos

Para la transmisión de datos se conecta el microcontrolador con el MAX232, estos dos elementos en conjunto se encargan de enviar los datos en forma serial desde la memoria hasta la PC. Figura 3.23

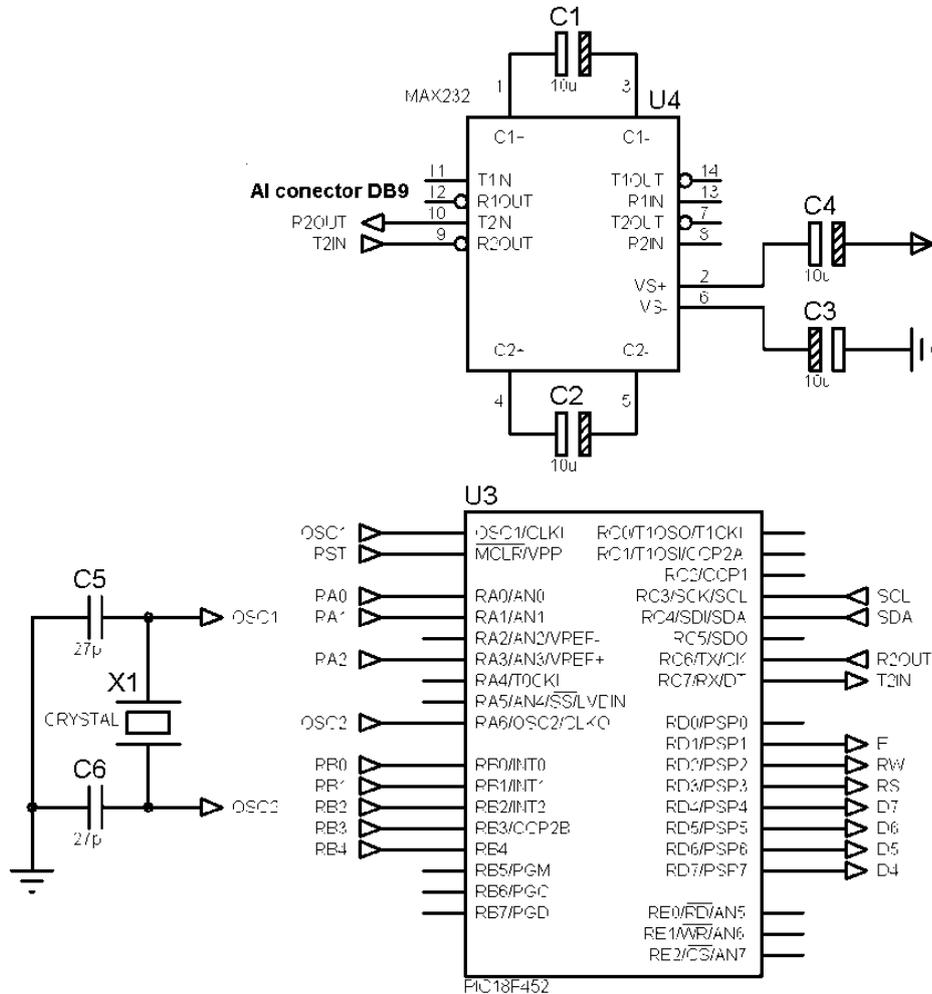


Figura 3.23.- Conexión del microcontrolador y el MAX232

3.10.- ALIMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO

Según cálculos y ensayos el dispositivo consume 25 mA, con este valor y el voltaje de 12Vcc, se seleccionan las baterías asegurando que el elemento funcione continuamente mínimo por 12 horas. Se elige baterías recargables de alto

rendimiento a 700 mAh¹⁴, garantizando que el instrumento permanecerá encendido por 24 horas aproximadamente.

Las baterías son recargables, por esta razón se debe implementar una etapa de recarga para las baterías en el mismo instrumento. Para este fin se usa el integrado LM317 que es un regulador de corriente, éste se encargará de entregar una corriente constante a las baterías. (ANEXO 9)

Para asegurar un largo período de vida útil de las baterías el fabricante aconseja realizar la recarga al 10% de la capacidad de las baterías, es decir a 70 mA para el presente proyecto.

De acuerdo a la hoja de datos del LM317 con la colocación de una resistencia entre los pines 1 y 2 se logra regular la corriente que este elemento entrega. Esta corriente está dada por la ecuación:

$$I_{OUT} = \frac{V_{ref}}{R} \quad Ec. 3.4$$

$$R = \frac{V_{ref}}{I_{OUT}} \quad Ec. 3.5$$

$$I_{out} = 70\text{mA.}$$

$$V_{ref}(\text{LM317}) = 1.25 \text{ Vcc}$$

$$R = \frac{1.25\text{V}}{0.07\text{A}} = 17.85\Omega$$

El valor comercial más cercano es de 15Ω, con este valor no difiere mayormente del valor inicial por lo que es el valor de resistencia elegido.

Se necesita de 12 horas mínimo para que la batería este completamente recargada.

Para la recarga se conecta el instrumento a la red de energía a través de un conector de pared (similares a los usados en los celulares).

¹⁴mAh: Abreviatura usada para indicar el consumo de corriente de un aparato en miliamperios-hora

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL SOFTWARE

Para controlar cada una de las tareas para las cuales fue diseñado este dispositivo, se crea un programa el mismo que se almacenará en el microcontrolador, este programa que se divide en varias etapas, las cuales se describen en los apartados posteriores.

Para gestionar y visualizar los datos almacenados en el instrumento se debe elaborar un software el cual permita llevar los datos desde el medidor hasta una computadora, analizar gráficamente el comportamiento de las diferentes temperaturas durante la jornada de labores y además generar un archivo en formato *.xls (Excel) que contenga los datos para un posterior uso.

4.1.- PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR

En la actualidad existe una amplia gama de software que permiten programar los microcontroladores, van desde los más versátiles como los desarrollados en lenguaje BASIC, hasta los más complejos que se desarrollan en lenguaje de máquina.

De estos paquetes de programación se elige el paquete MIKROBASIC, pues éste es el que mejor se acopla a las necesidades de programación y por la facilidad que se tiene para elaborar las diferentes instrucciones que se utilizan durante la ejecución de las tareas para las cuales se encuentra diseñado el instrumento.

4.1.1.- Programa para el monitoreo

Aquí es donde se selecciona los canales analógicos en los cuales se conectan los sensores, se realizan las operaciones para transformar los bytes de los conversores en valores de temperatura, se muestran en el LCD y para almacenarlos en la memoria externa. Los valores que se almacenan en la memoria corresponden a los valores de temperaturas capturadas en intervalos de treinta minutos durante toda la jornada de labores, el microcontrolador se encargará de discriminar si está trabajando en horario diurno o nocturno. El dispositivo, siempre que esté encendido, sensando las tres temperaturas y la humedad relativa. Para guardar el dato de la temperatura en la memoria se opta por separar en tres variables el valor de la medición; es decir que si se tiene un valor de 23,4 °C, para almacenar en la memoria se separa el número 2 en una variable, el número 3 corresponderá a la segunda variable, y el valor decimal se almacenará en la tercera variable.

Para almacenar los valores de temperatura en la memoria se asume que en la empresa hay dos jornadas de labores, la una comprendida entre las 8:00 hasta las 18:00 y la siguiente jornada comprende desde las 18:00 hasta las 6:00 del día siguiente. Las personas en la parte inicial y final de la jornada no se encuentran en condiciones extremas de temperatura, el instrumento guardará los valores de las temperaturas en intervalos de 30 minutos a partir de las 8:00 hasta las 18:00 en el primer caso, y a partir de las 18:00 hasta las 6:00 en el caso de horario nocturno. Registrando 18 lecturas en cualquiera de las 2 condiciones. Con esta cantidad de datos es suficiente para determinar el confort térmico en una determinada área de trabajo. El diagrama de flujo del programa se muestra en la Figura 4.1.

4.1.2.- Programa para descarga de datos

Una vez registrados los datos de temperaturas de toda una jornada de labores se debe llevar estos datos a un computador, en el programa principal se tiene una subrutina a la cual se accede a través de un pulsador dispuesto para esta tarea. Al ingresar el microcontrolador en esta opción, éste espera una señal proveniente del

software de análisis de datos, al recibir la señal enviará los datos que se han almacenado en la memoria, esto se hace a través del puerto serie de la PC y la salida serie del dispositivo, la comunicación se realiza bajo el protocolo RS232.

Al momento de enviar los datos hacia el computador se suma 100 a cada dato, con el objetivo de obtener una cadena uniforme y constante durante la transmisión de datos. Una vez que ha enviado todos los datos hacia el computador, el microcontrolador retorna a su funcionamiento normal, es decir sensar y registrar las temperaturas.

El diagrama de flujo de esta operación se muestra en la Figura 4.2

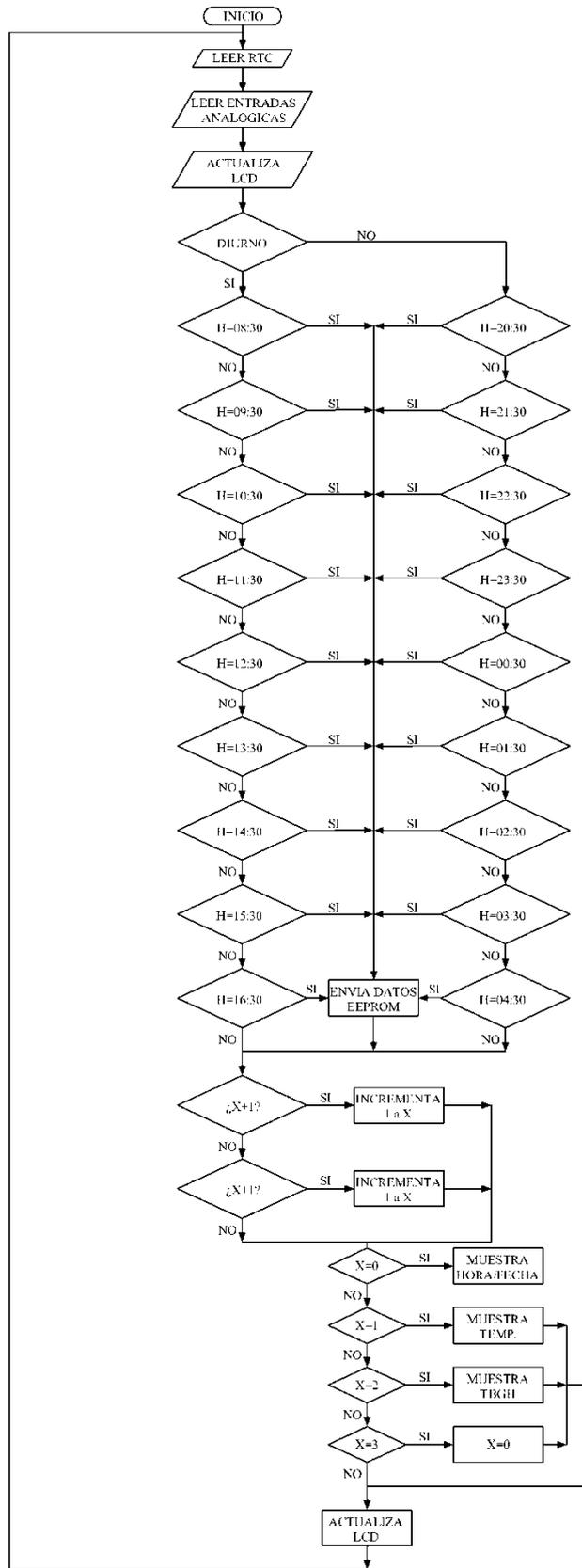


Figura 4.1.- Diagrama de flujo para el programa del microcontrolador

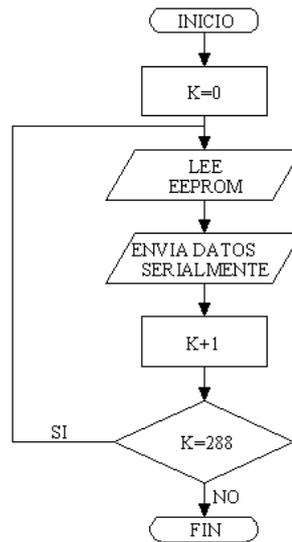


Figura 4.2.- Diagrama de flujo leer datos desde la EEPROM

4.1.3.- Programa para sincronizar el reloj

El reloj que se encuentra en el instrumento se puede desigualar debido a varios factores como son:

- Agotamiento de la batería.
- Errores propios del reloj.

Por lo que es indispensable añadir una etapa de sincronización del RTC, esto se lo hace a través de las teclas que se encuentran en el panel frontal del instrumento. Al igual que el caso anterior se tiene una subrutina para este propósito.

En esta opción, a través de los pulsadores se incrementa las posiciones, partiendo desde la hora, minuto, día del mes, mes y año; y en cada una de éstas incrementando o decrementando los valores de acuerdo a las necesidades. Una vez que se ha escrito los valores actuales en el reloj el dispositivo retorna a su funcionamiento normal.

Esta opción no será usada con frecuencia pero es necesaria incluirla.

El diagrama de flujo para esta opción se ilustra en la Figura 4.3.

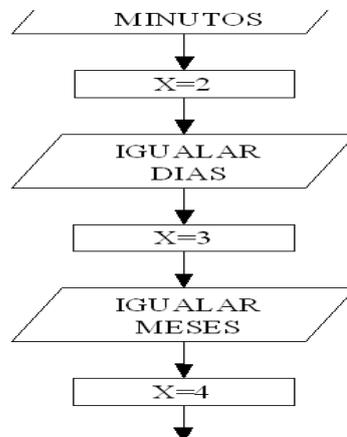


Figura 4.3.- Diagrama de flujo para sincronizar el reloj

4.2.- PROGRAMA PARA ANÁLISIS DE DATOS

Una vez que la cadena de datos llega al computador se debe gestionar estos datos para graficar y almacenarlos en una tabla, con este objetivo se desarrolló un software, el mismo que se diseñó en la plataforma LABVIEW versión 8.5, de la empresa NATIONAL INSTRUMENTS. Este programa se encargará de enviar una señal que al ser recibida por el microcontrolador, éste enviará los datos; luego se troceará la cadena en 18 subgrupos, de esta cadena troceada se extraerán los datos y se almacenarán en una tabla para graficar el comportamiento de las temperaturas y de la misma forma comparar los valores de estrés térmico con valores referenciales que se ingresarán previamente en el software.

4.2.1.- Diseño del software

Los datos son enviados de forma serial por lo que se debe habilitar y configurar el puerto serial, esto se hace a través de los comandos de la librería VISA, la conexión para enviar y recibir los datos por el puerto serie se muestra en la Figura 4.4. La cadena que ingresará al software está compuesta por 864 elementos.

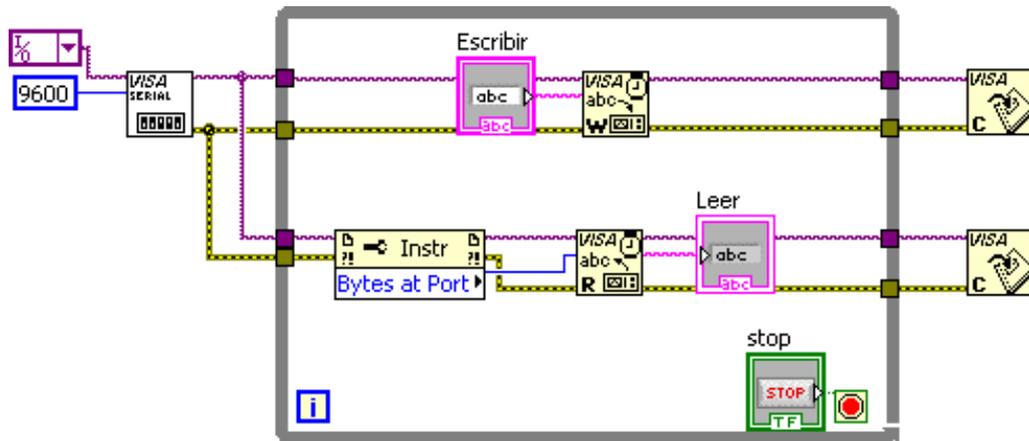


Figura 4.4.- Diagrama para habilitar y configurar el puerto serie

Una vez leída la cadena de caracteres se debe dividir en subgrupos de 48 elementos, para posteriormente separarlos en lo que será la fecha y hora en las que se tomó las lecturas, así mismo los valores de temperatura que se registraron en ese momento. Esto se hace 18 veces, que corresponde a las 18 mediciones que se tomaron en la jornada de trabajo. Para esta tarea se usa la estructura FOR LOOP (Figura 4.5).

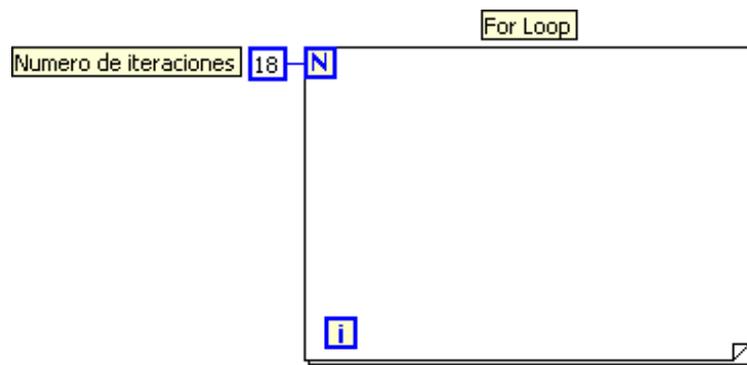


Figura 4.5.- Estructura FOR LOOP

Para separar los datos, se empleó la herramienta denominada STRING SUBSET, la forma de utilizar esta herramienta se muestra en la Figura 4.6. La cadena ingresa a esta función, en el recuadro Offset se elige desde que elemento de la

cadena se separa los datos, en el recuadro Length se elige de cuantos elementos estará formada la nueva cadena.

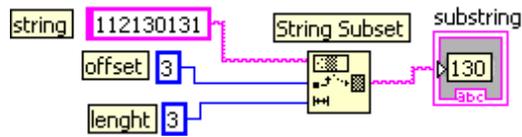


Figura 4.6.- Diagrama para trocear una cadena

A la cadena resultante se debe restar 100 para obtener el valor real (valor que se sumó a cada dato al momento de enviar desde el microcontrolador), este valor será el que almacenará en la tabla. El procedimiento para esta operación se ilustra en Figura 4.7. La cadena es transformada en un número entero para poder realizar la resta, una vez realizada la operación se transforma este resultado nuevamente en una cadena.

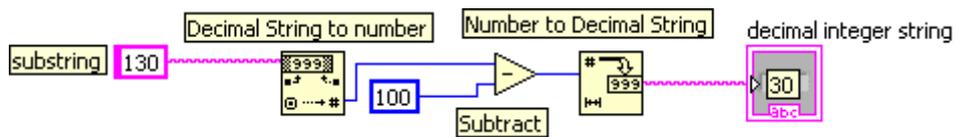


Figura 4.7.- Filtrado de datos

Esta operación se realiza con los datos que corresponde a la fecha y hora; en el caso de los datos que corresponde a los valores de temperatura se debe operar de tal manera que se obtenga el valor de temperatura con una precisión de un decimal. Para este caso se selecciona la función denominada FORMULA NODE, esta función permite evaluar fórmulas matemáticas. La forma de usar esta función se ilustra en la Figura 4.8.

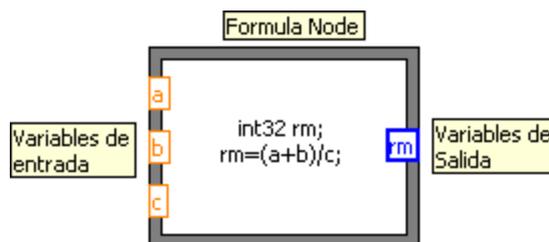


Figura 4.8.- Uso de Ecuaciones en LABVIEW

Una vez que se tiene los datos reales que se registraron en la memoria, se debe llevar a una tabla para visualizar y graficar cada variable.

Para esta operación se usa la función BUILD ARRAY, con esta función se obtiene un arreglo de varios elementos que contienen la fecha, hora y lecturas en cada una de las iteraciones del programa. La forma de usar esta función se ilustra en la Figura 4.9.

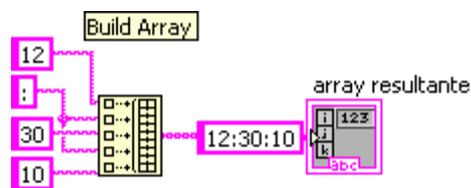


Figura 4.9.- Diagrama para unir datos

De esta forma se obtiene los datos que se almacenan en la tabla y se grafican en un WAVEFORM GRAPHS.

Para crear el archivo en Excel se usa la herramienta denominada WRITE TO TEXT FILE, esta herramienta necesita de los siguientes argumentos para poder crear el archivo: File (Se debe escribir la dirección y el nombre del archivo que se creará) Text (Aquí deben llegar los datos que contendrá el archivo).

Para dar el nombre del archivo se elige tomar la fecha y hora como referencia; por ejemplo si se baja los datos el martes 10 de agosto del 2010 a las 13H30, el nombre para este archivo será mar_10_ago_10_13H30.xls y se almacenará en una carpeta que se encuentra en el disco C de la computadora, con la cual trabajará este dispositivo, la misma que se creará previamente.

Para obtener la cadena que contiene la fecha, se usa la herramienta denominada **FORMAT DATE / TIME STRING**, la cual toma la fecha y hora del sistema y entrega una cadena con estos datos, de acuerdo al formato que se elige en la entrada **Time Format String**.

La dirección donde se almacenará el archivo y el nombre se unen a través de la herramienta **CONCATENATE STRINGS**, esta función recibe como entrada varias cadenas de caracteres y a la salida entrega una sola cadena.

La cadena con la dirección y el nombre del archivo es de tipo **String** y la entrada con el nombre del archivo del **WRITE TO TEXT FILE** es de tipo **File Path**, por lo que es necesario convertirla para ello se usa la herramienta **STRING TO PATH**.

Este procedimiento se ilustra detalladamente en la **Figura 4.10**.

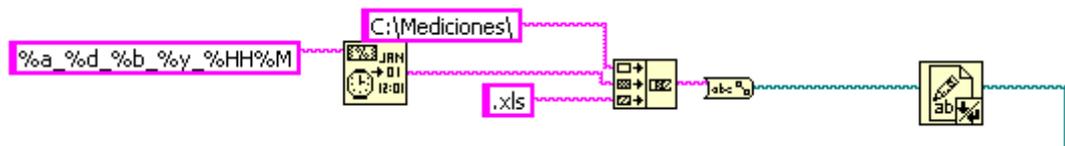


Figura 4.10.- Diagrama para guardar datos con LABVIEW

Para la presentación de los datos en el panel frontal se tiene un **TAB CONTROL**, esta herramienta es un recuadro con varias pestañas que al ser seleccionadas despliegan una ventana con las funciones que a ella han sido asignadas.

En primera posición se tiene los parámetros de cálculo, aquí se elegirá si la medición fue realizada con carga solar (exteriormente) o sin ella (interiormente); así mismo se introducirá valores referenciales del índice de temperatura máximos y mínimos para comparar con los valores que se leerán del instrumento. Estos valores referenciales sirven para comparar gráficamente con los valores que han sido registrados por el instrumento. Esta ventana se aprecia en la **Figura 4.11**.

La segunda ventana contendrá una tabla con los valores de las 18 lecturas que se han tomado durante la jornada de labores. En la primera y segunda columna se encuentra los valores que corresponde a la hora y la fecha en la cual se registró la lectura, de la tercera a la quinta columna se tiene los valores de temperatura de globo, de bulbo húmedo, temperatura ambiental, en este orden, en la sexta columna se tiene el valor de la humedad relativa, luego el índice de estrés térmico (TGBH) con carga solar o sin ella, así como la determinación de si está o no dentro de los TLV's, de acuerdo al sitio en el cual se realizó las mediciones. Esto se muestra en la Figura 4.12.

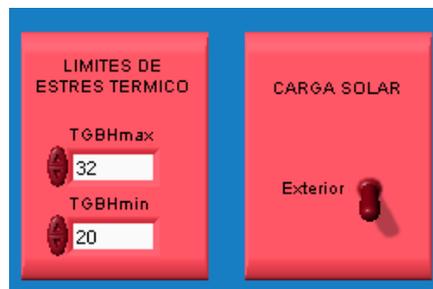


Figura 4.11.- Panel frontal: Parámetros de cálculo

HORA	FECHA	T globo	T Humeda	T Ambiente	H. Relativa	TGBHex
8:30:0	31/8/10	17,50	13,00	17,40	52,00	14,34
9:0:0	31/8/10	19,10	14,80	18,90	53,00	16,07
9:30:0	31/8/10	20,60	16,10	20,30	51,00	17,42
10:0:0	2/9/10	18,50	18,10	18,30	51,00	18,20
10:30:0	3/9/10	19,70	18,60	19,00	56,00	18,86
11:0:0	3/9/10	20,60	19,20	19,50	54,00	19,51
11:30:0	3/9/10	21,40	19,80	20,50	53,00	20,19
12:0:0	3/9/10	20,10	19,10	19,70	51,00	19,36
12:30:0	3/9/10	19,40	18,60	19,00	52,00	18,80
13:0:0	3/9/10	19,10	18,50	18,80	52,00	18,65
13:30:0	3/9/10	21,10	19,80	20,50	52,00	20,13
14:0:0	3/9/10	22,20	20,50	21,50	49,00	20,94
2:30:0	2/9/10	15,70	15,00	15,30	57,00	15,17
3:0:0	2/9/10	15,70	15,00	15,30	57,00	15,17
3:30:0	2/9/10	15,50	14,80	15,10	58,00	14,97
4:0:0	2/9/10	15,40	14,80	15,10	57,00	14,95
4:30:0	2/9/10	15,40	14,70	15,00	58,00	14,87
5:0:0	2/9/10	15,30	14,70	15,00	59,00	14,85

Figura 4.12.- Panel Frontal: Mediciones

En la tercera ventana se tiene un gráfico que mostrará las curvas que indican el comportamiento de la temperatura de globo, la temperatura de bulbo húmedo y la

temperatura de bulbo seco o ambiental, durante el periodo de mediciones. La presentación de esta ventana se aprecia en la Figura 4.13.

En la cuarta ventana se tiene un gráfico con la curva que muestra los valores del índice de estrés térmico, en esta ventana se podrá apreciar si estos valores se encuentran dentro de los límites referenciales que se ingresó en la primera ventana. En función de este gráfico se puede emitir un criterio sobre la exposición al calor de la persona que se encuentra en el puesto de trabajo en el que se realizó la medición. Figura 4.14

La escala de las ventanas se autoajusta en función de los valores que se han leído del instrumento. Figura 4.14. Y en la última ventana, se muestra los valores correspondientes a la Humedad Relativa (de 0 a 100%) en función del tiempo. Figura 4.15

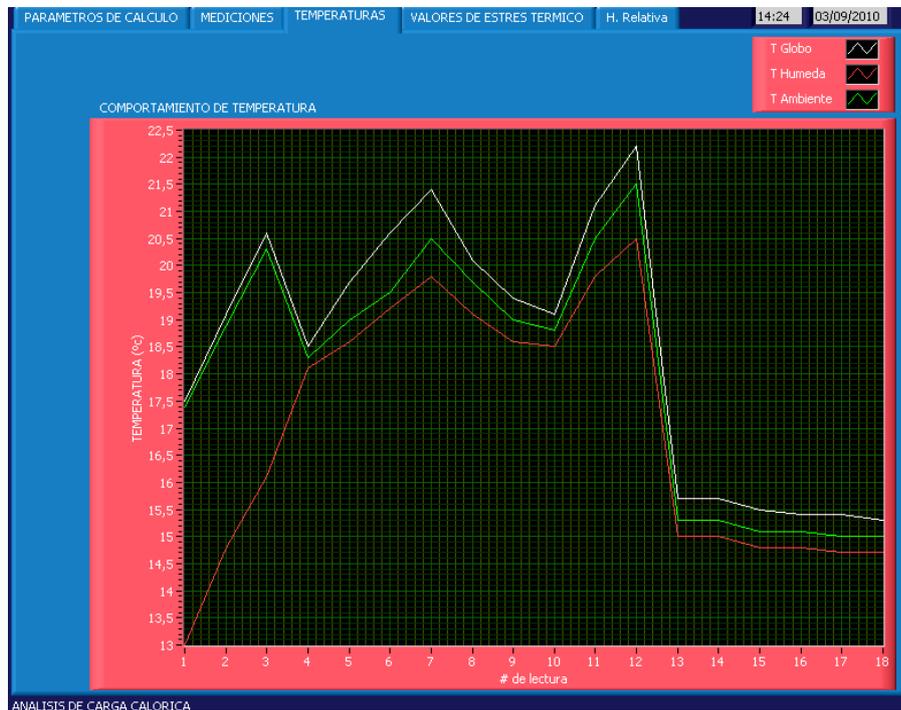


Figura 4.13.- Panel Frontal: Temperaturas



Figura 4.14.- Panel Frontal: Valores de Estrés Térmico

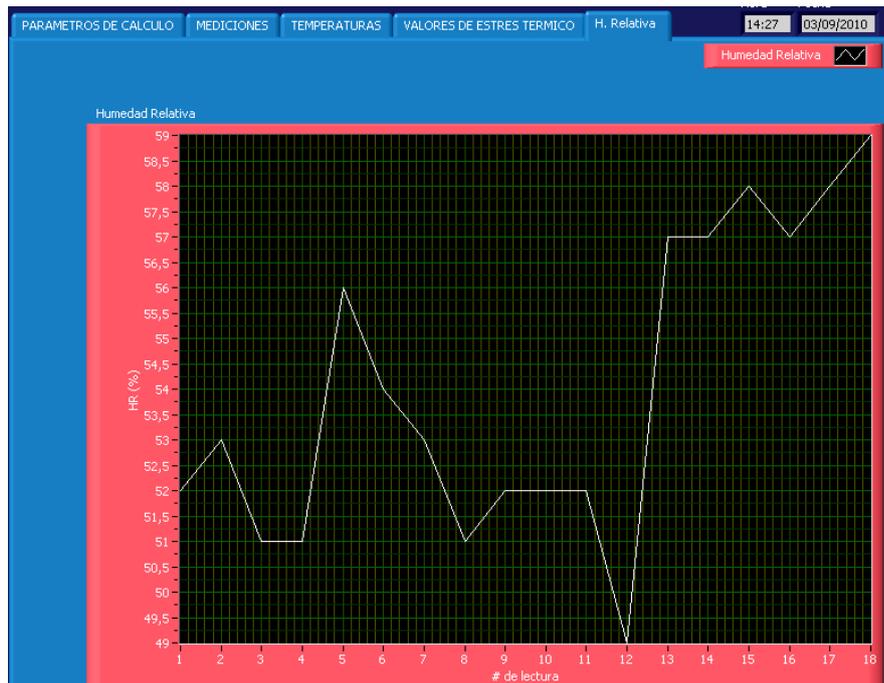


Figura 4.15.- Panel Frontal: Humedad Relativa

4.3.- PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas que se desarrollan son con la finalidad de comprobar el óptimo funcionamiento de cada uno de los elementos que forman parte del instrumento y el instrumento en su totalidad y sobre todo realizar el diagnóstico del sitio de trabajo expuesto o no a estrés térmico.

4.3.1- PRUEBAS DE SENSORES

Para verificar el correcto funcionamiento de los sensores se toma como referencia un termómetro electrónico que posee la ESPE Extensión Latacunga, en este instrumento se tiene la temperatura con una precisión de 1 décima de grado Celsius, similar a la precisión que se usa en el instrumento que se ha diseñado.

Para las pruebas se ha realizado las conexiones de los tres sensores que intervienen en el cálculo de estrés térmico, pero fuera del globo de cobre y del recipiente con agua destilada; es decir, los tres sensores medirán la temperatura ambiental al igual que el instrumento patrón. En la hoja de datos del sensor LM35AH, se tiene que por cada °C de incremento, a la salida del sensor se incrementará 10mV. Entonces para las pruebas se debe tener en cuenta la lectura del instrumento patrón y la lectura en mili-voltios a la salida del sensor. De esta comparación se obtiene los valores en la tabla 4.3:

Tabla 4.3.- Relación Temperatura-Voltaje de los sensores LM35AH

TERMÓMETROS			
Patrón (°C)	Sensor 1 (mV)	Sensor 2 (mV)	Sensor 3 (mV)
14,3	14,5	14,3	14,4
16,8	16,8	17,0	16,8
18,1	17,9	18,0	18,0
20,2	20,3	20,5	20,2
22,5	22,6	22,6	22,4
24,3	24,4	24,3	24,5
26,5	26,6	26,5	26,7
28,4	28,6	28,2	28,3
30,8	30,7	30,6	30,7

Con esta prueba se concluye que los sensores están funcionando correctamente, y tienen una salida en mili-voltios proporcional a la temperatura, de acuerdo a la información obtenida en la hoja de características.

4.3.2- Pruebas de circuitos electrónicos

Para conseguir un correcto funcionamiento del dispositivo se han acoplado varios elementos, como son el LCD, la memoria, el reloj en tiempo real, los amplificadores, el circuito integrado MAX232.

La forma más coherente para comprobar su correcto funcionamiento es conectar cada uno de estos elementos y verificar si cumplen la función a ellos asignada.

En el caso del LCD, muestra los mensajes de acuerdo a la programación (Figura 4.16), el contraste es el correcto, pues se puede apreciar los caracteres con facilidad. La luz de fondo o backligh se enciende al presionar el pulsador que para esta función se asignó.



Figura 4.16.- Mensajes en el LCD

En lo referente al reloj en tiempo real, una vez sincronizado mantiene los datos siempre, aun cuando en la hoja de datos se menciona que se retrasa 2 minutos por mes.

Con la memoria, se toma como referencia los datos de un periodo de medición y se compara si son los mismos que se aprecia en LCD al momento de guardarlos, tomando en cuenta el instante en el cual se almacenará los datos.

Para el integrado MAX232 se observará si la comunicación con el dispositivo es correcta, además si recibe y envía datos sin errores (principalmente sin la aparición de caracteres extraños por la presencia de ruido).

Para la realización de las pruebas de cada uno de los elementos se registrará los datos de tres mediciones, verificando de esta manera si los datos que se observan en el LCD son los mismos que se registran en la memoria, luego se leerán estos datos a través del puerto serial con el programa Hyper Terminal.

Los datos que se almacenan son los correspondientes al 10 de agosto de 2010, a las 8:30:00, 8:31:10 y a las 8:32:20, así se obtiene los siguientes resultados:

En la Figura 4.17 se observa la cadena de caracteres que envía el dispositivo, esta cadena corresponde a las tres lecturas que se tomó:

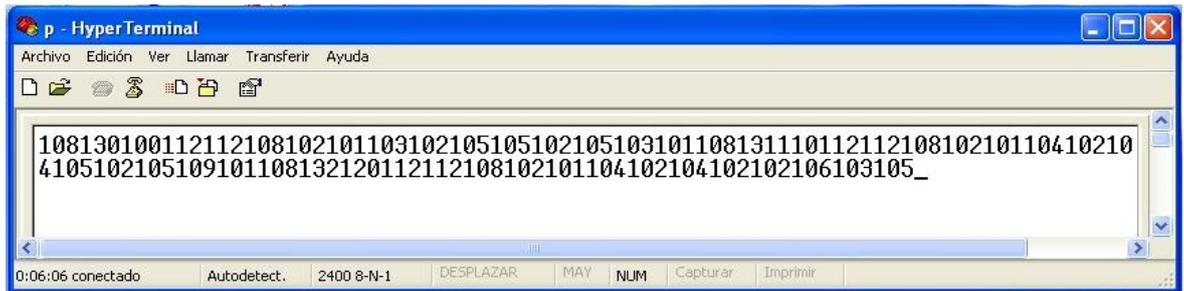


Figura 4.17.- Cadena de caracteres recibida

Del gráfico se puede extraer la cadena correspondiente a la primera lectura y manualmente realizar las operaciones para obtener los datos registrados en ese instante.

La cadena es: 10813010011211210810210110310210510510210510310, al momento de enviar el dato desde el microcontrolador hacia el puerto se suma 100, este valor deberá ser restado para obtener el valor verdadero. En el caso de la fecha y la hora que corresponden a los 18 primeros datos de la cadena.

Con esta prueba también se demuestra que la adquisición es correcta, pues los datos que se muestran en la pantalla son los que se han registrado en la memoria y luego se han enviado por medio del puerto serial.

4.3.3- Pruebas de Comunicación

Para verificar que el dispositivo y la computadora se sincronizan correctamente se establecerá la conexión con el programa Usart Terminal, este programa forma parte del paquete Mikrobasic y permite manipular el puerto serie para establecer una conexión con un dispositivo externo. En la Figura 4.18 se observa el dato que se ha enviado desde la computadora como señal para que el medidor envíe los datos almacenados, en este caso se ha enviado la letra "A" e inmediatamente el medidor envía los datos que tiene almacenados en la memoria.

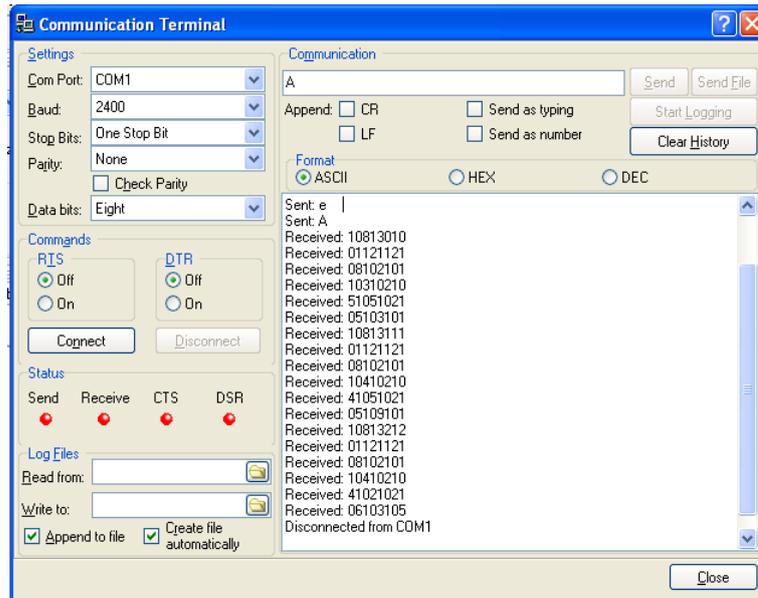


Figura 4.18.- Cadena de caracteres recibida en el Usart Terminal

4.3.4- Pruebas del dispositivo medidor

Para verificar si las mediciones que está realizando el dispositivo son las correctas, una vez armada la placa y se ha puesto en funcionamiento todos los elementos, se compara con termómetros de referencia y se somete al aparato a un proceso de calibración.

El dispositivo en funcionamiento se observa en la Figura 4.19.



Figura 4.20.- Medidor de Estrés Térmico

4.3.5.- Diagnóstico de un ambiente laboral

Una persona que se encuentra en un puesto de trabajo, el mismo que se encuentra en un área con influencia de la temperatura, tiene que ser constantemente monitoreada, pues se debe cuidar que esta persona se encuentre libre de exposiciones severas a temperaturas elevadas.

En la legislación ecuatoriana, específicamente en el *Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo*, artículo 54, literal e, se regula los periodos de actividad de conformidad al TGBH (Índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo). En este reglamento se establece valores del índice TGBH en función de los periodos trabajo-descanso que tiene un trabajador en una hora y del tipo de trabajo que desempeña. O si es el caso de acuerdo al consumo de calorías que se produce como consecuencia de desarrollar una actividad. Por esta razón todas las empresas del país que tengan procesos donde hay presencia de calor deben realizar mediciones de estrés térmico y adecuar los puestos de trabajo para entregar el mayor confort al trabajador. Los valores que se han normalizado en el reglamento mencionado anteriormente se detallan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1.- Períodos de actividad de conformidad al índice TGBH

TIPO DE TRABAJO	CARGA DE TRABAJO		
	LIVIANA	MODERADA	PESADA
	Inferior a 200 Kcal/hora	De 200 a 350 Kcal/hora	Igual o mayor a 350 Kcal/hora
Trabajo continuo	TGBH=30.0	TGBH=26.7	TGBH=25.0
75% trabajo, 25% descanso cada hora	TGBH=30.6	TGBH=28.8	TGBH=25.9
50% trabajo, 50% descanso cada hora	TGBH=31.4	TGBH=29.4	TGBH=27.9
25% trabajo, 75% descanso cada hora	TGBH=32.2	TGBH=31.1	TGBH=30.0

Fuente: Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores

Elaborado por: Wilson Sánchez O.

a. Cálculo de la carga térmica metabólica

La carga térmica metabólica es la cantidad de gasto energético durante una actividad, para el cálculo de la carga térmica metabólica se usa la siguiente ecuación:

$$CTM = PMC + TT + MB + MD \quad \text{Ec. 4.1.}$$

Dónde:

CTM: Carga térmica metabólica

PMC: Posición y movimiento del cuerpo

TT: Tipo de trabajo

MB: Metabolismo basal

MD: Metabolismo por desplazamiento

Los parámetros descritos en la ecuación 4.1 se encuentran en las tablas siguientes, y de acuerdo a la actividad se tomará el valor para ingresar a la ecuación, haciendo referencia al tiempo de exposición.

El metabolismo basal es la cantidad del gasto energético necesario para mantener las funciones vegetativas (respiración, circulación...). En la tabla 4.2 se representa en función del sexo y de la edad.

Tabla 4.2.- Clasificación del metabolismo según la edad y el sexo.

VARONES		MUJERES	
AÑOS DE EDAD	WATIOS/M ²	AÑOS DE EDAD	WATIOS/M ²
6	61.48	6	58.719
7	6.842	6.5	58.267
8	60.065	7	56.979
8.5	59.392	7.5	55.494
9	59.626	8	54.520
9.5	57.327	8.5	53.940
10	56.260	9-10	53.244
10.5	55.344	11	52.502
11	54.729	11.5	51.968
12	54.230	12	51.365
13-15	53.766	12.5	5.553
16	53.035	13	49.764
16.5	52.548	13.5	48.836
17	51.968	14	48.082
17.5	51.075	14.5	47.258
18	50.170	15	46.516
18.5	49.532	15.5	45.704
19	49.091	16	45.066
19.5	48.720	16.5	44.428
20-21	48.059	17	43.871
22-23	47.351	17.5	43.384
24-27	46.678	18-19	42.618

28-29	46.180	20-24	41.969
30-34	45.634	25-44	41.412
35-39	44.869	45-49	40.53
40-44	44.080	50-54	39.394
45-49	43.349	55-59	38.489
50-54	42.607	6-64	37.828
55-59	41.876	65-69	37.468
6-64	41.157		
65-69	43.368		

Fuente: (NTP 323, INSHT)

Elaborado por: Wilson Sánchez O.

El metabolismo, componente postural, el consumo que tiene una persona en función de la postura que tenga. Tabla 4.3.

Tabla 4.3.- Clasificación del metabolismo según componente postural

POSICION DEL CUERPO	METABOLISNO (w/m²)
SENTADO	10
ARRODILLADO	20
AGACHADO	20
DE PIE	25
DE PIE INCLINADO	30

Fuente: (NTP 323, INSHT)

Elaborado por: Wilson Sánchez O.

Metabolismo, componente del tipo de trabajo, el gasto que tiene en función del tipo de trabajo y la intensidad de este. Tabla 4.4.

Tabla 4.4.- Clasificación del metabolismo según el tipo de trabajo

TIPO DE TRABAJO	METABOLISMO (w/m ²)	
	VALOR MEDIO	INTERVALO
TRABAJO CON LAS MANOS		
LIGERO	15	< 20
MEDIO	30	20-35
INTENSO	40	> 35
TRABAJO CON UN BRAZO		
LIGERO	35	< 45
MEDIO	55	45-65
INTENSO	75	> 65
TRABAJO CON DOS BRAZOS		
LIGERO	65	< 75
MEDIO	85	75-95
INTENSO	105	> 95
TRABAJO CON EL TRONCO		
LIGERO	125	< 155
MEDIO	190	155-230
INTENSO	280	230-330
MUY INTENSO	390	> 330

Fuente: (NTP 323, INSHT)

Elaborado por: Wilson Sánchez O.

Componente de desplazamiento, el gasto que supone el hecho de desplazarse, horizontal o verticalmente a una determinada velocidad. Tabla 4.5

Tabla 4.5.- Clasificación del Metabolismo según el desplazamiento

TIPO DE TRABAJO	METABOLISMO (w/m² Y (M/S)
VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO EN FUNCION DE LA DISTANCIA	
ANDAR 2 A 5 KM/HORA	110
ANDAR EN SUBIDA, 2 A 5 KM/H	
INCLINACIÓN 5°	210
INCLINACION 10°	360
ANDAR EN BAJADA 5 KM/H	
DECLINACIÓN 5°	60
DECLINACION 10°	50
ANDAR CON UNA CARGA EN LA ESPALDA 4KM/H	
CARGA DE 10 KG	125
CARGA DE 30 KG	185
CARGA DE 50 KG	285
VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO EN FUNCIÓN DE LA ALTURA	
SUBIR UNA ESCALERA	1725
BAJAR UNA ESCALERA	480
SUBIR UNA ESCALERA DE MANO INCLINADA	
SIN CARGA	1660
CON CARGA DE 10 KG	1870
CON CARGA DE 50 KG	3320
SUBIR UNA ESCALERA DE MANO VERTICAL	
SIN CARGA	2030
CON CARGA DE 10 KG	2335
CON CARGA DE 5 KG	4750

Fuente: (NTP 323, INSHT)

Elaborado por: Wilson Sánchez O.

a.-Factores de corrección el índice TGBH (WBGT)¹⁵

Los TLV's (valores límites tolerables) aplicados, se ajustan a individuos aclimatados y con ropa de verano, si la ropa no es la apropiada o tiene un nivel de aislamiento mayor que el necesario, los valores de exposición son importantes corregirlos de acuerdo a la tabla 4.6

Tabla 4.6.- Factores de corrección índice WBGT (TGBH)

Tipo de prendas de vestir	Clo*value	WBGT (TGBH) correction ° C
Ropa de trabajo ligera de verano	1,08	0
Overoles de algodón	1,8	-3,6
Ropa de trabajo de invierno	2,5	-7,2
Ropa permeable de agua	2,1	-6,9

Fuente: OSHA, Sección 3, Capítulo 4

Elaborado por: Wilson Sánchez O.

* Clo: el valor de aislamiento de la ropa. Un cierre = 5,55 kcal/m²/hr de intercambio de calor por radiación y convección por cada grado C ° de diferencia de temperatura entre la piel y la temperatura de bulbo seco ajustado

b.-PROPIEDADES TÉRMICAS DEL VESTIDO

La unidad del aislamiento térmico de la ropa (Iclo) en el sistema internacional es el m² °C/W, pero una unidad más práctica y usual es el clo (1 clo = 0,155 m² °C/W), que se define como el aislamiento necesario para mantener confortable a

¹⁵ OSHA Technical Manual, Section III: Chapter 4, Heat Stress.

una persona que desarrolle una actividad sedentaria (menos de 60 W/m²) a una temperatura de 21 °C.

En la tabla 4.7 se expresa la valoración del vestido de acuerdo con la norma ISO 7730.

Tabla 4.7. Aislamiento térmico según el tipo de vestido

<i>Tipo de vestido</i>	<i>Icl (clo)</i>	<i>Icl (m² °C/W)</i>
Desnudo	0	0
En pantalones cortos	0,1	0,016
Vestimenta tropical en exteriores: camisa abierta con mangas cortas, pantalones cortos, calcetines finos y sandalias	0,3	0,047
Ropa ligera de verano: camisa ligera de mangas cortas, pantalones largos, calcetines finos y zapatos	0,5	0,078
Ropa de trabajo: camiseta, camisa con mangas largas, pantalones de vestir, calcetines y zapatos	0,8	0,124
Ropa de invierno y de trabajo en interiores: camiseta, camisa manga larga, calcetines de lana y zapatos	1,0	0,155
Ropa de invierno y de trabajo en interiores: camiseta, camisa manga larga, calcetines de lana y zapatos	1,5	0,233
Vestimenta completa y de trabajo en interiores: camiseta y camisa de manga larga, chaleco, corbata, americana, pantalones de lana, calcetines de lana y zapatos		

Fuente: ISO 7730

Elaborado por: Wilson Sánchez O.

c.-Medición de la Velocidad del Aire y Humedad Relativa

El movimiento del aire es directamente perceptible por el hombre a partir de los 0,25 m/seg. En la tabla 4.8 se muestra una clasificación estimada según la velocidad del aire

Tabla 4.8.- Clasificación estimada de la velocidad el aire

Tipo de movimiento	Velocidad del Aire (m/seg)
Movimiento Imperceptible	$V_a < 0,25$
Ligera brisa	$0,25 < V_a < 0,50$
Brisa (sacude cabello o vestido)	$0,50 < V_a < 1,25$

Fuente: Real decreto 486/1997

Elaborado por: Wilson Sánchez O.

En determinadas circunstancias resulta difícil y compleja la medición de la velocidad del aire, sobre todo cuando existen rápidas fluctuaciones de su intensidad, dirección, y turbulencia. Para la medición de la velocidad del aire se utilizan instrumentos tales como el anemómetro de aspas, el termo-anemómetro y el catatermómetro.

De acuerdo a la regulación de las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, está dedicado a las condiciones ambientales (Real Decreto 486/1997).

- a) Las condiciones ambientales no deben suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores
- b) Así mismo y en la medida de lo posible las condiciones ambientales de los lugares de trabajo, no deben constituir una fuente de incomodidad o molestia para los trabajadores. A tal efecto deben evitarse las temperaturas y las humedades extremas, los cambios bruscos de temperatura, las corrientes de

aire molestas, los olores desagradables, la irradiación excesiva y en particular la radiación solar a través de ventanas, tabiques o techos.

c) Los locales cerrados deben cumplir las siguientes condiciones:

1. La temperatura donde se realicen los trabajos sedentarios, propios de oficinas por ejemplo, al estar comprendida entre 17 y 27 °C, si se realizan trabajos ligeros debe estar comprendida entre 14 y 25 °C.
2. La humedad debe estar comprendida entre 30% y 70%, excepto en locales con riesgo de electricidad estática, en los que el límite inferior es del 50%.
3. Las corrientes de aire a los que puede estar expuesto el trabajador en forma frecuente, no puede exceder de una velocidad de:
 - Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/sg.
 - Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/sg.
 - Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/sg.
 - En corrientes de aire expresamente utilizadas para evitar estrés en exposiciones intensas al calor y en corrientes de aire acondicionando los límites son:
 - En trabajos sedentarios: 0,25 m/sg.
 - En los demás casos: 0,35 m/sg.

d.-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:

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

Siendo:

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

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

Cuando $B > A$, 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 más fresco para el descanso, de forma que se cumpla $< A$.

4.3.6.- Análisis Práctico “Cálculo de la Carga Térmica Metabólica”

Para determinar la Carga Térmica Metabólica (Consumo Metabólico Energético) de la persona que se encuentra laborando en un determinado puesto de trabajo, se calcula de acuerdo al procedimiento descrito; los cálculos y valores obtenidos se detallan a continuación:

a.- Industria Artesanal “Panadería: Pan Nuestro”

La Panadería “Pan Nuestro”, se encuentra situada en la Ciudad de Latacunga, en la Calle Antonia Vela, entre las Calles 5 de Junio y Guayaquil.

Figura 4.21

PUESTO DE TRABAJO 1: PANADERO

Esta persona tiene las siguientes tareas:

Puesto 1: Recibir la Materia Prima

Puesto 2: Pesar los ingredientes

Puesto 3: Elaborar la masa

Puesto 4: Elaboración de tipos de pan

Puesto 5: Leudar el pan

Puesto 6: Hornear el pan

Estimación del Metabolismo Energético en los Puestos de trabajo de la Industria Artesanal: Panadería “Pan Nuestro”

(ANEXO 12)

Consumo Metabólico Energético. Panadería “Pan Nuestro”. Tabla 4.9

Tabla 4.9.- Consumo Metabólico Energético, Panadería

PANADERÍA "PAN NUESTRO"

ESTIMACION DEL METABOLISMO ENERGETICO (w/m ²)											METABOLICO			
		M. BASAL		M. POSTURAL		DEL TIPO DE TR.		DE DESPLAZAM		TOTAL		PROMEDIO		
		MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	w/m ²	keal/Hora	
PUESTO DE TRABAJO TIPO 1: PANADERO														
PUESTO 1:	RECIBIR LA MATERIA PRIMA	42,60	40,40	30,00	25,00	280,00	40,00	185,00	110,00	537,60	215,40	376,50	583,58	
PUESTO 2:	PESAR LOS INGREDIENTES	42,60	40,40	25,00	20,00	85,00	30,00	0,00	0,00	152,60	90,40	121,50	188,33	
PUESTO 3:	ELABORACION DE LA MASA	42,60	40,40	25,00	10,00	65,00	15,00	0,00	0,00	132,60	65,40	99,00	153,45	
PUESTO 4:	ELABORACION DE TIPOS DE PAN	42,60	40,40	30,00	25,00	85,00	40,00	0,00	0,00	157,60	105,40	131,50	203,83	
PUESTO 5:	LEUDAR EL PAN	42,60	40,40	25,00	10,00	85,00	15,00	0,00	0,00	152,60	65,40	109,00	168,95	
PUESTO 6:	HORNAR EL PAN	42,60	40,40	30,00	25,00	85,00	40,00	55,00	0,00	212,60	105,40	159,00	246,45	
										224,27	107,90			

Elaborado por: Wilson Sánchez O.



Figura: 4.21.- Hornear pan

b.- Industria de la construcción “Hormi2: Panecons”

La Empresa “Hormi 2: PANECONS”, se encuentra situada en la Ciudad de Latacunga, kilómetro 2 vía a San Buenaventura, se encarga de la construcción de paneles prefabricados para construcciones civiles. Figura 4.22

PUESTO DE TRABAJO 1: OPERADOR DEL CALDERO PIROTUBULAR

Esta persona tiene las siguientes tareas:

- TAREA1: Secuencia de Arranque del Caldero
- TAREA 2: Control de la Planta de Tratamiento de Agua
- TAREA 3: Control de la Carga y Distribución de Vapor
- TAREA 4: Purgar Sedimentos de Tanques
- TAREA 5: Pruebas y Mantenimiento de Válvulas de Seguridad

NOTA: El Trabajador está aclimatado y la velocidad del aire 0,5 m/seg.

PUESTO DE TRABAJO 2: OPERADOR DE LA BLOQUERA

Esta persona tiene las siguientes tareas:

- TAREA 1: Secuencia de Arranque de la Bloquera
- TAREA 2: Operación del Panel de Control
- TAREA 3: Recepción del Bloque Terminado

NOTA: El Trabajador está aclimatado y la velocidad del aire 0,25 m/s.

Estimación del Metabolismo Energético en los Puestos de trabajo de la Industria de la Construcción: HORMI 2 “PANECONS”

(ANEXO 13)

Consumo Metabólico Energético. Hormi 2 “Panecons” Tabla 4.10

Tabla 4.10.- Consumo Metabólico Energético, Hormi 2

HORMI 2 "PANECONS"

OPERADOR DE CALDEROS											METABOLICO		
		M. BASAL		M. POSTURAL		DEL TIPO DE TRAJE		M. DE DESPLAZAM		TOTAL		PROMEDIO	
		MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	w/m ²	kcal/Hora
PUESTO DE TRABAJO TIPO 1: OPERADOR DEL CALDERO PIROTUBULAR													
PUESTO 1:	SECUENCIA DE ARRANQUE DEL CALDERO	45,70	40,40	30,00	25,00	85,00	30,00	110,00	55,00	270,70	150,40	210,55	326,35
PUESTO 2:	CTRL. DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL H2O	45,70	40,40	30,00	25,00	105,00	30,00	110,00	55,00	290,70	150,40	220,55	341,85
PUESTO 3:	CTRL DE LA CARGA Y DISTRIBUCION DE VAPOR	45,70	40,40	30,00	25,00	125,00	65,00	0,00	0,00	200,70	130,40	165,55	256,60
PUESTO 4:	PURGAR SEDIMENTOS DE TANQUES	45,70	40,40	30,00	20,00	65,00	40,00	110,00	55,00	250,70	155,40	203,05	314,73
PUESTO 5:	PRUEBAS Y MANTENIMIENTO DE VALVULAS DE SEGURIDAD	45,70	40,40	30,00	20,00	190,00	35,00	110,00	55,00	375,70	150,40	263,05	407,73
										231,42	122,83		

OPERADOR DE BLOQUERA

ESTIMACION DEL METABOLISMO ENERGETICO (w/m2)											METABOLICO		
		M. BASAL		M. POSTURAL		DEL TIPO DE TRAJE		M. DE DESPLAZAM		TOTAL		PROMEDIO	
		MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	w/m ²	kcal/Hora
PUESTO DE TRABAJO TIPO 1: OPERADOR DE LA BLOQUERA													
PUESTO 1:	SECUENCIA DE ARRANQUE DE LA BLOQUERA	44,90	40,40	30,00	25,00	85,00	30,00	110,00	55,00	269,90	150,40	210,15	325,73
PUESTO 2:	OPERACIÓN DEL PANEL DE CONTROL	44,90	40,40	30,00	25,00	65,00	15,00	55,00	0,00	194,90	80,40	137,65	213,36
PUESTO 3:	RECEPCION DEL BLOQUE TERMINADO	44,90	40,40	30,00	25,00	105,00	35,00	0,00	0,00	179,90	100,40	140,15	217,23
										107,45	55,20		

Elaborado por: Wilson Sánchez O.



Figura 4.22. Operador de Calderos

c.- Industria florícola “ECUATOROSES C.A.: E.Q.R.”

La Empresa ECUATOROSE C.A.” E.Q.R.”, se encuentra situada en la Parroquia Tanicuchí, kilómetro 3 vía Toacazo, Provincia de Cotopaxi, dedicada a la exportación de flores. Figura 4.23

PUESTO DE TRABAJO 1: OPERADOR DE COSECHA

Esta persona tiene las siguientes tareas:

- TAREA 1: Corte de Flor
- TAREA 2: Limpieza Manual de Restos Vegetales dentro del Invernadero
- TAREA 3: Pinchado de la Planta
- TAREA 4: Utilización de Carretillas Manuales

NOTA: El Trabajador está aclimatado y la velocidad del aire 0,25 m/seg.

PUESTO DE TRABAJO 2: COCHERO

Esta persona tiene las siguientes tareas:

TAREA1: Colocar Ramilletes en Tinas sobre el Coche

TAREA 2: Manejo y Limpieza de residuos Sobrantes

TAREA 3: Transporte de Coche Post - Cosecha

NOTA: El Trabajador está aclimatado y la velocidad del aire 0,25 m/s.

PUESTO DE TRABAJO 3: Fumigador Principal

Esta persona tiene las siguientes tareas:

TAREA 1: Prepara solución para fumigación

TAREA 2: Manipulación de Cargas

TAREA 3: Medio Auxiliar de Carga para el Transporte

TAREA 4: Manejo, Mantenimiento y Limpieza del Sistema de Fumigación

TAREA 5: Utilización de Utensilios de Medida Y Apertura de Envases

NOTA: El Trabajador está aclimatado y la velocidad del aire 0,25 m/s.

PUESTO DE TRABAJO 4: Fumigador Auxiliar

Esta persona tiene las siguientes tareas:

TAREA 1: Transporta la Manguera para la Fumigación

TAREA 2: Aplicación de la Fumigación

TAREA 3: Envolver la manguera en el carrete

NOTA: El Trabajador está aclimatado y la velocidad del aire 0,25 m/s.

PUESTO DE TRABAJO 5: Supervisora

Esta persona tiene las siguientes tareas:

TAREA 1: Revisión del Personal

TAREA 2: Revisión de puntos de corte

TAREA 3: Revisión de patrones de injertación

TAREA 4: Revisión limpieza

NOTA: El Trabajador está aclimatado y la velocidad del aire 0,25 m/s.

PUESTO DE TRABAJO 5: Compostero

Esta persona tiene las siguientes tareas:

TAREA 1: Formar camas del vegetal reciclable

TAREA 2: Humedecer las camas

TAREA 3: Alimentación a lombrices

TAREA 4: Limpieza del Compuse

NOTA: El Trabajador está aclimatado y la velocidad del aire 0,85 m/s.

Estimación del Metabolismo Energético en los Puestos de trabajo de la Industria Florícola: ECUATOROSES C.A. “E.Q.R.”

(ANEXO 14)

Consumo Metabólico Energético. EQUATOROSES “E.Q.R.” Tabla 4.11

Tabla 4.11.- Consumo Metabólico Energético, E.Q.R.

EQUATOROS C.A. "E Q R"

OPERADORA DE COSECHA

ESTIMACION DEL METABOLISMO ENERGETICO (w/m ²)											METABOLICO			
		M. BASAL		M. POSTURAL		DEL TIPO DE TR.		DE DESPLAZA		TOTAL		PROMEDIO		
		MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	w/m ²	kcal/Hora	
PUESTO DE TRABAJO TIPO 1: OPERADOR DE COSECHA														
PUESTO 1:	CORTE DE FLOR	40,50	37,50	30,00	25,00	85,00	55,00	110,00	55,00	265,50	172,50	219,00	339,45	
PUESTO 2:	LIMPIEZA MANUAL DE RESTOS VEG. DENTRO DEL INVERN.	40,50	37,50	30,00	25,00	190,00	85,00	55,00	0,00	315,50	147,50	231,50	358,83	
PUESTO 3:	PINCHADO DE LA PLANTA	40,50	37,50	30,00	20,00	190,00	85,00	0,00	0,00	260,50	142,50	201,50	312,33	
PUESTO 4:	UTILIZACION DE CARRETE MANUALES	40,50	37,50	0,00	0,00	85,00	65,00	110,00	55,00	235,50	157,50	196,50	304,58	
										269,25	155,00			

COCHERO

ESTIMACION DEL METABOLISMO ENERGETICO (w/m ²)											METABOLICO			
		M. BASAL		M. POSTURAL		DEL TIPO DE TR.		DE DESPLAZA		TOTAL		PROMEDIO		
		MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	w/m ²	kcal/Hora	
PUESTO DE TRABAJO TIPO 1: OPERADOR DE COSECHA														
PUESTO 1:	COLOCAR RAMILLETES EN TINAS SOBRE EL COCHE	45,70	40,40	30,00	25,00	125,00	90,00	0,00	0,00	200,70	155,40	178,05	275,98	
PUESTO 2:	MANEJO Y LIMPIEZA DE RESIDUOS SOBRLANTES	45,70	40,40	25,00	20,00	85,00	65,00	0,00	0,00	155,70	125,40	140,55	217,85	
PUESTO 3:	TRANSPORTE DE COCHE A POST - COSECHA	45,70	40,40	0,00	0,00	190,00	85,00	210,00	110,00	445,70	235,40	340,55	527,85	
										200,53	129,05			

FUMIGAD. AUX.

ESTIMACION DEL METABOLISMO ENERGETICO (w/m ²)											METABOLICO			
		M. BASAL		M. POSTURAL		DEL TIPO DE TR.		DE DESPLAZA		TOTAL		PROMEDIO		
		MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	w/m ²	kcal/Hora	
PUESTO DE TRABAJO TIPO 1: FUMIGADOR AUXILIAR														
PUESTO 1:	TRANSPORTA LA MANGUERA PARA LA FUMIGACION	45,70	40,40	0,00	0,00	280,00	190,00	210,00	125,00	535,70	355,40	445,55	690,60	
PUESTO 2:	APLICACIÓN DE LA FUMIGACION	45,70	40,40	30,00	25,00	125,00	85,00	0,00	0,00	200,70	150,40	175,55	272,10	
PUESTO 3:	ENVOLVER LA MANGUERA EN EL CARRETE	45,70	40,40	30,00	20,00	125,00	85,00	0,00	0,00	200,70	145,40	173,05	268,23	
										234,28	162,80			

COMPOSTERO

ESTIMACION DEL METABOLISMO ENERGETICO (w/m ²)											METABOLICO			
		M. BASAL		M. POSTURAL		DEL TIPO DE TR.		DE DESPLAZA		TOTAL		PROMEDIO		
		MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	MAX.	MIN	w/m ²	kcal/Hora	
PUESTO DE TRABAJO TIPO 1: COMPOSTERO														
PUESTO 1:	FORMAR CAMAS DEL VEGETAL RECICLABLE	42,60	40,40	30,00	25,00	190,00	85,00	0,00	0,00	262,60	150,40	206,50	320,08	
PUESTO 2:	HUMEDECER LAS CAMAS DEL COMPOS	42,60	40,40	0,00	0,00	125,00	65,00	210,00	110,00	377,60	215,40	296,50	459,58	
PUESTO 3:	ALIMENTACION A LOMBRICES	42,60	40,40	0,00	0,00	180,00	105,00	210,00	110,00	432,60	255,40	344,00	533,20	
PUESTO 4:	LIMPIEZA DEL COMPUS	42,60	40,40	30,00	25,00	190,00	85,00	0,00	0,00	262,60	150,40	206,50	320,08	
										333,85	192,90			

Elaborado por: Wilson Sánchez O.



Figura 4.23. Operadora de Cosecha

4.3.7.- Análisis práctico “Diagnóstico y Análisis de Estrés Térmico”

Se realizó el Diagnóstico y Análisis de Estrés Térmico en tres industrias: una Artesanal, de la construcción y en una florícola.

a.- Industria Artesanal “PANADERIA: PAN NUESTRO”

ANEXO 15

b.- industria de la construcción “HORMI 2: PANECONS NUESTRO”.

ANEXO 16

c.- Industria florícola “EQUATOROSES C.A: E.Q.R.”

ANEXO 17

4.3.8.- Análisis del Índice TGBH, velocidad del aire, humedad relativa, regímenes de trabajo - descanso y carga de trabajo de las industrias seleccionadas

Las condiciones de Estrés Térmico, Velocidad del Aire, Humedad Relativa, Regímenes de Trabajo – Descanso y Carga de Trabajo más críticas en cada una de las empresas que se monitorearon, se muestran a continuación. Tablas 4.12

Tabla 4.12.- Resumen de los Valores Monitoreados en cada empresa

PANADERÍA "PAN NUESTRO"

PUESTO	Nº Lectur.	HORA	FECHA	H. Relativa	TGBH int Efectiva	TGBHin Norma	TGBHin Calculad	STRESS TERM.	Veloc. Aire	HUMEDAD RELATIVA	CARGA TRABAJO	Régimen Trab./desc. (min / hora)
PANADERO	HORNEAR	12:00:00	04/09/2010	32	31,82	31,10	28,00	SI	NO NORMAL	NORMAL	MODERADA	36,17 / 23,82
PANADERO	MOLDES	12:00:00	06/09/2010	39,00	28,92	28,70	28,00	SI	NORMAL	NORMAL	MODERADA	51,6 / 8,4

HORMI 2 "PANECONS"

OPER. CALDEROS	CTRL CARGA	11:00:00	07/09/2010	12,00	31,35	31,1	28,00	SI	NORMAL	H. BAJA	MODERADA	40,11 / 19,88
OPER. CALDEROS	CTRL CARGA	11:30:00	07/09/2010	11,00	31,47	31,1	28,00	SI	NORMAL	H. BAJA	MODERADA	40,11 / 19,88
OPER. CALDEROS	SEC. ARRANQ.	16:30:00	07/09/2010	31,00	29,00	31,10	26,00	NO	NORMAL	NORMAL	MODERADA	40,11 / 19,88
OPER. BLOQUERA	PANEL	10:00:00	09/09/2010	14	29,59	29,4	28,00	SI	NORMAL	H. BAJA	MODERADA	40,92 / 19,08
OPER. BLOQUERA	REC. BLOQUE	10:00:00	09/09/2010	14,00	29,59	29,40	28,00	SI	NORMAL	H. BAJA	MODERADA	40,92 / 19,08

EQR

COSECHA	CORTE FLOR	9:30:00	11/09/2010	34	23,99	26,7	26,00	NO	NORMAL	NORMAL	MODERADA	30 / 30
COSECHA	CORTE FLOR	12:00:00	12/09/2010	30	30,43	26,7	26,00	SI	NORMAL	NORMAL	MODERADA	30 / 30
COCHERO	TRANSP.	9:30:00	11/09/2010	34	23,99	25,00	25,00	NO	NORMAL	NORMAL	PESADA	44,60 / 15,4
COCHERO	TRANSP.	12:00:00	12/09/2010	30	30,43	25,00	25,00	SI	NORMAL	NORMAL	PESADA	44,60 / 15,4
FUMIGADOR AUX.	FUMIGAC.	9:30:00	11/09/2010	34,00	29,39	28,70	28,00	SI	NORMAL	NORMAL	MODERADA	43,32 / 16,68
FUMIGADOR AUX.	FUMIGAC.	12:30:00	12/09/2010	29	29,82	28,70	28,00	SI	NORMAL	H. BAJA	MODERADA	43,32 / 16,68
COMPOSTERO	CAMAS	9:30:00	11/09/2010	34,00	23,99	26,70	26,00	NO	NO NORMAL	NORMAL	MODERADA	60 / 0

Elaborado por: Wilson Sánchez O.

ANALISIS DE LA TABLA 4.12

- ✓ Los resultados muestran que durante las horas del mediodía existe riesgo de estrés térmico, debido al incremento de la temperatura ambiental,

disminución de la velocidad del aire y la disminución de la humedad relativa, provocando sudoración y el riesgo de deshidratación, por lo que es indispensable la reposición del líquido perdido.

- ✓ En la panadería, a pesar de que la humedad relativa está en condiciones normales, no existe una circulación adecuada de aire, fundamentalmente en el área de ubicación del horno, a pesar de que el área de amasado está muy cerca, existe mejor ventilación, provocando cansancio y desgaste físico al hornero, por lo que es importante considerar disminuir el tiempo de exposición frente al horno, o en su defecto alternarse con la persona de amasado. Es importante que estas personas mantengan hidratación continua.
- ✓ Para mejorar la circulación de aire, se recomienda, reubicar el horno, así como abrir una ventana de mayor dimensión, ya que la actual no es la adecuada.
- ✓ Se pudo establecer según la Ecuación de Régimen de Trabajo – Descanso, las tareas que se realizan frente al horno están en una relación de 36,17 min/h de trabajo y de 23,82 min /h de descanso utilizando los valores de TGBH, frente al trabajo real que fue de 25 minutos de trabajo y 35 de descanso por cada hora, considerándolos éstos adecuados.
- ✓ En el área del Caldero de la Empresa Panecons, a pesar de que la circulación de aire se encuentra dentro de la norma, la humedad relativa es muy baja, razón por la cual la temperatura de medio circundante se incrementa, y el operador al momento de realizar la apertura y cierre de la válvula de descarga del caldero así como la manipulación del distribuidor de vapor, se expone a valores límites superiores estrés térmico.
- ✓ El valor de TGBH corregido para el trabajador en el área de Generadores de vapor se incrementa debido al uso de sacos de lana, es importante establecer que el operador debe usar ropa más liviana y así su valor de TGBH monitoreado disminuirá, es importante destacar que estas tareas se realicen las primeras horas de la mañana o en la tarde.

- ✓ El tiempo de trabajo en exposición no debe sobrepasar los 40,11 min/h, considerando que el área de descanso es diferente a la trabajo.
- ✓ El operador de la bloquera tanto en el área de operación del tablero de control como en la recepción del bloque terminado, está expuesto a valores superiores al límite de estrés térmico, fundamentalmente porque la humedad circundante es baja, el tiempo de exposición en el trabajo no debe sobrepasar los 40 min/h, ya que el área de pausa se le considera la misma.
- ✓ Es importante considerar que el apilamiento de los bloques se lo debería realizar en un lugar apartado de la bloquera, con esto disminuirá la temperatura del medio y el operador no sufrirá el riesgo térmico al que va a estar expuesto, el valor del TBGH corregido se ha incrementado debido al uso de ropa no adecuada, se recomienda usar camisa de algodón y fundamentalmente mantener una distancia prudente de seguridad el momento de apertura de la puerta automática de esta máquina bloquera.
- ✓ En la empresa EQUATOROSES C.A. las personas que se encuentran en el interior de las naves son las más expuestas a valores superiores al límite de estrés térmico en horas cercanas al medio día, a pesar de que tanto la velocidad del aire como la humedad relativa del medio se encuentran en condiciones normales.
- ✓ Las tareas de cosecha así como el traslado del cochero se encuentran en valores muy cercanos al riesgo de estrés, para intentar mitigar este inconveniente es importante que al medio día se realicen tareas más livianas como son: el pinchado de rosas, así como la envoltura de las mismas en sus mallas respectivas. El tiempo de exposición no debe ser superior a los 30 min/h, siendo su área de descanso la misma que la de trabajo.
- ✓ La tarea que realiza el fumigador auxiliar como el principal, tanto en el traslado de las mangueras, equipo de bombeo y auxiliares, así como en la fumigación se encuentran expuestos a valores superiores al límite de estrés térmico, debido fundamentalmente al equipo de protección personal que

utilizan que es completamente impermeable haciendo que la evaporación de la transpiración se dificulte y el valor de TBGH se incremente.

- ✓ Considerando que el personal dedicado a la fumigación son los más expuestos a riesgos térmicos, se recomienda que este tipo de tareas se las realice en las primeras horas de la mañana ya que las condiciones ambientales garantizarían de mejor manera esta operación.
- ✓ Se recomienda cumplir con los periodos de trabajo-descanso que se han estimado y no sobrepasar los 43,32 min/ hora en exposición.
- ✓ Se debe informar al personal de las diferentes áreas de producción, el lugar específico en donde se encuentra el suministro de agua para su hidratación.
- ✓ Concientizar al personal la importancia de la hidratación continua y así evitar alteraciones en el comportamiento de los trabajadores que podrían conllevar a trastornos fisiológico
- ✓ Las personas que se encuentran en las zonas de mayor influencia de temperatura, no deben salir rápidamente al exterior para evitar choques térmicos que podrían conllevar en problemas respiratorios y deterioro de la salud.
- ✓ Las propiedades térmicas del vestido deben estar en función de la norma ISO 7730.
- ✓ Es importante considerar un procedimiento adecuado en la aclimatización al calor para personal de grupos rotativos y fundamentalmente para personal nuevo, fundamentalmente por la serie de modificaciones que sufre el organismo en el curso de dicho proceso
- ✓ Al seleccionar el personal que estará expuesto a áreas con incremento de temperatura ambiental se deberá tomar muy en cuenta su edad, constitución física, adicciones, enfermedades congénitas y adquiridas y con problemas circulatorios.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- ✓ El diseño y construcción del medidor portátil de estrés térmico tiene como propósito fundamental monitorear, almacenar y visualizar en tiempo real las variables físicas de: temperatura de globo, temperatura húmeda natural, temperatura seca y humedad relativa y el índice TGBH (WBGT).
- ✓ Se construyó un equipo medidor de TGBH-HR, con características técnicas, versatilidad y funcionalidad similar a los que se ofertan en el mercado, con la gran diferencia que en la construcción de este proyecto se invirtió \$300 y el que se lo adquiere en el mercado cuesta \$ 3500, siendo completamente justificable la construcción del mismo.
- ✓ Para el diagnóstico de la información almacenada en la memoria EEPROM se diseñó un Software denominado “Evaluador TGBH – HR”, cuya plataforma de programación es LabView 8.5, que mediante un protocolo de comunicación serial descarga la información en una PC, generándose automáticamente un archivo de extensión *.xls en la raíz del disco duro C:/mediciones, para el respectivo análisis estadístico de la información de la empresa y contrastar con el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del medio Ambiente del Trabajo (art. 54).
- ✓ El diseño de la interfaz de programación gráfica, presenta Menús como: Parámetros de Cálculo, Tabla de Mediciones, Gráficas de: Temperaturas, Valores de Estrés Térmico y Humedad Relativa, amigables para un diagnóstico rápido y eficaz.
- ✓ La Contrastación de los sensores tanto de temperatura como de humedad fue realizada con instrumentos patrones de los laboratorios del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, cuyo error de límite máximo fue del 0,24%

siendo considerado aceptable dentro de la normativa de transmisores de variables físicas.

- ✓ El monitoreo y diagnóstico de la información se la realizó en empresas artesanales, comerciales e industriales de la provincia de Cotopaxi, tales como: Panaderías “Pan Nuestro”, Industria de la Construcción “Hormi 2 - Panecons” e invernaderos “EQR C.A.”, y “Agrícola San Nicolás”; ya que en estas existen muchos trabajadores expuestos directamente a las fuentes de calor.
- ✓ El diagnóstico de las áreas de trabajo monitoreadas con mayor concentración de calor fueron los hornos, calderos y la etapa de fumigación en los invernaderos cuyos valores de estrés térmico llegaron hasta 35,83 °C con estimación de consumo metabólico energético entre moderada y pesada, permitió reestructurar los tiempos de exposición y descanso del trabajador, incrementar la ventilación del medio a 1,5 m/seg y lograr que la humedad relativa del medio esté entre 30 y 70%.
- ✓ Los ambientes térmicos resultan agresivos para la salud del trabajador, dependiendo de la intensidad de la actividad que desarrolla, y mediante la valoración de las variables físicas poder actuar sobre la fuente o sobre el trabajador.
- ✓ Al exponer a los trabajadores a niveles de estrés térmico elevados, se puede disminuir su rendimiento intelectual, aumentar fallos en el trabajo, perturbar el metabolismo hidro-salino, provocar fatiga y riesgos de agotamiento, con lo cual se incrementaría la probabilidad de producirse accidentes y ocasionar daños personales así como materiales.

RECOMENDACIONES

- ✓ Promover a la investigación a los estudiantes de pre y post grado, con la finalidad de que se diseñe y se construya equipos a bajo costo, que cuenten con normativas internacionales y que garanticen su labor en cualquier ámbito industrial.
- ✓ Para realizar las mediciones, sin importar las condiciones ambientales del lugar, se debe colocar el instrumento por lo menos 20 minutos antes de iniciar el registro de datos, con la finalidad de lograr estabilización de las variables de temperatura y humedad relativa.
- ✓ Todo dispositivo electrónico destinado al monitoreo, almacenamiento y visualización de variables físicas, debe ser calibrado al menos una vez al año, para garantizar que los datos obtenidos sean fiables. Las instituciones que realizan certificación de Instrumentos en nuestro país es el Instituto de Metrología de la Fuerza Terrestre, así como el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)
- ✓ Las instituciones gubernamentales encargadas de velar por la seguridad y la salud ocupacional de los trabajadores, serán los responsables indirectos del estricto cumplimiento de las posibles mejoras que los resultados del evaluador nos brinden.
- ✓ En las zonas de mayor incidencia de calor se debe favorecer la circulación del aire, por lo que se debe considerar este parámetro al momento de realizar el diseño de una área de trabajo con presencia de fuentes de calor. Independientemente del valor obtenido en una medición, al tener una correcta evacuación del aire caliente se puede mantener un ambiente confortable.
- ✓ Lugares internos que se vean afectados por la radiación solar, aumenten la resistencia térmica y el coeficiente de reflexión de ventanas, paredes y techos. Así como el uso de ventilación forzada, extracción localizada, aire

acondicionado y fundamentalmente programar los trabajos de mayor carga térmica en las horas más frescas.

- ✓ La reducción del calor metabólico generado por actividades físicas, se logre limitando la duración de la exposición, descansos prefijados en ambientes frescos, uso de ropas especiales, programas de aclimatización, equipos de protección personal y disponer de agua fresca y abundante.
- ✓ El profesional técnico que se encuentra al frente de un grupo de trabajadores debe estar capacitado y actualizado con los métodos de medición de los distintos parámetros para la determinación del confort laboral.
- ✓ El Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) con su departamento Riesgos del Trabajo, como entidad encargada de velar por la seguridad de los trabajadores en el país, debe obligar a realizar las mediciones de carga calórica en las empresas donde se desarrollan procesos con la presencia de calor, así mismo controlar que se acondicione los puestos de trabajo para reducir el riesgo de estrés térmico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ ALBERT D. HELFRICK, WILLIAM D. COOPER, Instrumentación electrónica moderna y técnicas de medición, primera edición, 1991.
- ✓ CARLOS A REYES, Microcontroladores Pic, Tercera Edición, 2004
- ✓ DR. CESAR RAMÍREZ, Manual de seguridad industrial, primera edición, 1992.
- ✓ IESS, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo.
- ✓ IESS, Código del trabajo
- ✓ R. MONDELO, E. GREGORI. P. BARRAU, Diseño de puestos y espacios de trabajo, Tercera Edición, 2004.
- ✓ SANTIAGO CORRALES, Electrónica Práctica con Microcontroladores, 1ª Edición, 2006.
- ✓ Notas Técnicas de Prevención: 74, 279, 322, 350, 501 (INSHT)

LINCOGRAFIA:

- ✓ <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php>
- ✓ <http://www.fi.uba.ar/laboratorios/lscm/termometros.pdf>
- ✓ http://www.bairesrobotics.com.ar/data/sensores_2003.pdf
- ✓ <http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all/D275FD9CA656670286256F930061491D>
- ✓ <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/039001258CEF8FB686256E0F005888D1>
- ✓ <http://www.arduino.cc/es/Comunicaci%F3nSerie/Comunicaci%F3nSerie>

NORMATIVA SOBRE EL CALOR:

RD. 486/1997 Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo

RD. 1618/1980 Reglamento de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria

NTP. 74 Confort Térmico: Método Fanger para su evaluación

NTP. 279: Ambiente Térmico y deshidratación

NTP. 322: Valoración de riesgo de estrés térmico: índice WBGT

NTP. 350: Evaluación de estrés térmico. Índice de sudoración requerida

NTP 501: Ambiente térmico: inconfort térmico local

ISO 7730: Norma Europea EN 27730 (Método Fanger)

ANEXOS

Anexo 1: Hoja de datos del sensor de temperatura LM35AH

Anexo 2: Hoja de datos del sensor de humedad HIH-4000

Anexo 3: Hoja de datos del amplificador LM358

Anexo 4: Hoja de datos del microcontrolador PIC18F452

Anexo 5: Hoja de datos del reloj calendario RTC-DS1307

Anexo 6: Hoja de datos de la Memoria Externa EEPROM 24LC04

Anexo 7: Hoja de datos de la pantalla de cristal liquido LCD – 16*2

Anexo 8: Hoja de datos del circuito integrado MAX232

Anexo 9: Hoja de datos del regulador de corriente LM317

Anexo 10: Programa del microcontrolador PIC18F452

Anexo 11: Guía de uso del Instrumento

Anexo 12: Estimación del Metabolismo Energético en los Puestos de Trabajo de la Industria Artesanal: Panadería “PAN NUESTRO”.

Anexo 13: Estimación del Metabolismo Energético en los Puestos de Trabajo de la Industria de la Construcción: HORMI 2 “PANECONS”

Anexo 14: Estimación del Metabolismo Energético en los Puestos de Trabajo de la Industria Florícola: ECUATOROSES C.A.“ E.Q.R. ”

Anexo 15: Diagnóstico y Análisis de Estés Térmico: Panadería “Pan Nuestro”.

Anexo 16: Diagnóstico y Análisis de Estés Térmico: Hormi 2 “Panecons”.

Anexo 17: Diagnóstico y Análisis de Estés Térmico: Equatoroses C.A. “E.Q.R.”.