

Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Informática

**Sistema informático para el cálculo del factor clima en los estudios
ergonómicos.**

Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniería en Informática

Autor: Harlenia Márquez Esquerra

Tutor: Msc. Annia del Carmen Fernández Pérez

**Consultante: Msc. Annibal Barrera García.
Ing. Orlando Stable Rodríguez.**

**Cienfuegos, Cuba
Curso 2011 - 2012**

Pensamiento

“Sólo aquellos que se arriesgan a ir muy lejos, pueden llegar a saber lo lejos que pueden ir”

(T.S. Elliot)

Agradecimientos

A mi mamá por estar siempre conmigo en los momentos buenos y malos apoyándome.

A mi papá por quererme tanto y a Tania por recibirme en su familia.

A mis amigas incondicionales de la UCI que aunque ahora no están aquí conmigo las llevo siempre en mi pensamiento y en el recuerdo de los buenos momentos que pasamos juntas.

A Gretter, Surina, Aixa, Yinet, Karina, Natyelín, Fefita, en fin, a mis amigas de la secundaria que aunque estudiamos carreras diferentes siempre nos hemos mantenido unidas y nos hemos apoyado en todo momento.

Al profesor Domingo Valladares que me ayudó en todo, no solo en la etapa de tesis sino a lo largo del curso.

A mi tutora Annia por tenerla siempre con el corazón en la boca y por todo lo que hizo por mí en el tiempo que duró la etapa de tesis.

A los profesores que de alguna forma u otra aportaron su granito de arena para que me convirtiera en la ingeniera que soy hoy.

A Oscar Luis Muñoz por darme las palabras de apoyo y aliento que me dieron confianza y me impulsaron a seguir en la universidad.

A mis compañeros de grupo, que me acogieron desde 2do año, que me acompañaron en los buenos y malos momentos, en especial a Pilar, Daimeé, Yarenmy, Dariem y Dairon, el piquete de la UCI por estar conmigo en todos los trabajos.

A cada persona que de una forma u otra contribuyó al éxito de este trabajo.

Dedicatoria

Si Dios me diera la oportunidad de elegir una madre de entre todas las que existen en el mundo, no lo pensaría ni un momento, la madre que tengo es la mejor que existe y la que con su amor ha logrado que hoy esté en el lugar que estoy. Es por eso que a ella y solo a ella está dedicada esta tesis, que ha costado tanto esfuerzo y dedicación por su parte y por la mía.

Resumen

La presente investigación titulada: “Sistema informático para el cálculo del factor clima en los estudios ergonómicos” se realiza en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”.

La investigación consiste en la creación de un sistema informático para la agilización e informatización de los cálculos en los estudios ergonómicos, como alternativa de solución a las deficiencias que existen, ya que la realización manual de estos cálculos es engorrosa.

Este estudio se lleva a cabo mediante el proceso de identificación, evaluación y control de riesgos laborales que puede afectar de una forma u otra la productividad laboral y la salud de los trabajadores. La gestión de recursos humanos en nuestro país realiza este proceso a través de los métodos cuantitativos, el método Evaluación por mediciones. Por lo que este trabajo abarca el desarrollo de una aplicación informática que posibilite la evaluación de factores de riesgos a nivel de puesto de trabajo.

Para el desarrollo de esta aplicación, se propone utilizar el lenguaje de programación Java, como plataforma de desarrollo, el Netbeans IDE 6.8, como herramienta Case, Rational Rose y como metodología de desarrollo RUP.

Índice

Introducción-----	1
Capítulo 1: Fundamentación Teórica-----	7
1.1 Introducción-----	7
1.2 La Ergonomía.-----	7
1.2.1 El micro clima en los puestos de trabajo.-----	7
1.3 Las Tic en el proceso de realización de los cálculos del factor de clima laboral.---	8
1.5 Definiciones necesarias para la comprensión del objeto de estudio-----	8
1.5.1 Fórmulas matemáticas para calcular los factores del micro clima laboral.----	11
1.5.2 Evaluación de los factores micro climáticos-----	13
1.5.3 Fórmulas matemáticas para diseñar la ventilación en un local o puesto de trabajo determinado.-----	15
1.6 Análisis de las aplicaciones existentes a nivel nacional e internacional.-----	21
1.6.1 Propuesta de solución-----	22
1.7 Fundamentación de las herramientas utilizadas.-----	22
1.8 Fundamentación del lenguaje de programación y Ambiente de Desarrollo utilizado.-----	23
1.9 Fundamentación de la metodología utilizada y el lenguaje de modelado a considerar para la propuesta.-----	25
1.10 Conclusiones-----	27
Capítulo 2: Descripción y construcción de la Solución Propuesta-----	28
2.1 Descripción del modelo de negocio-----	28
2.2 Reglas del negocio a considerar-----	29
2.3 Modelo de casos de uso del negocio-----	29
2.3.1 – Actores del negocio-----	30
2.3.2 – Diagramas de casos de uso del negocio-----	30
2.3.3 – Trabajadores del negocio-----	30
2.3.4 – Descripción de los casos de uso del negocio-----	31
2.3.5 – Diagramas de actividades del negocio-----	33
2.4 – Modelo de objetos del negocio-----	35

2.5 –Requisitos-----	35
2.5.1 – Requerimientos funcionales-----	36
2.5.2 – Requerimientos no funcionales-----	39
2.6 – Modelo de casos de uso del sistema -----	41
2.6.1 – Actores del sistema -----	41
2.6.2 – Diagramas de casos de uso del sistema-----	42
2.6.3 – Descripción de los casos de uso del sistema-----	42
2.6.4 Diagrama de clases del Diseño-----	43
2.6.5 Diagrama de implementación -----	44
2.7 Conclusiones -----	44
Capítulo 3: Estudio de Factibilidad y validación de la solución propuesta -----	45
3.1 Introducción -----	45
3.2 Puntos de Casos de Uso -----	45
3.2.1 Clasificación de los casos de uso del sistema -----	45
3.2.2 Clasificación de los actores-----	46
3.2.3 Factor de peso de los actores sin ajustar -----	46
3.2.4 Factor de Peso de los Casos de Uso sin ajustar -----	46
3.2.5 Cálculo de Puntos de Casos de Uso sin ajustar. -----	46
3.2.6 Cálculo de Puntos de Casos de Uso ajustados -----	47
3.2.7 Factor de complejidad técnica (TCF)-----	47
3.2.8 Factor de ambiente -----	48
3.3 Estimación del Esfuerzo -----	49
3.4 Criterios de distribución de esfuerzo-----	50
3.5 Determinación de los costos-----	50
3.6 Beneficios tangibles e intangibles -----	51
3.7 Análisis de costos y beneficios-----	51
3.8 Validación de la solución propuesta -----	51
3.9 Resultados de las entrevistas -----	53
3.10 – Conclusiones -----	56
Conclusiones -----	57
Recomendaciones -----	58

Referencias bibliográficas-----	59
Bibliografía -----	61
Glosario de términos -----	63
Anexos -----	64
Anexo A: Prototipos-----	64
Anexo B Descripción de los casos de uso del sistema-----	70
Anexo C: Encuesta-----	76
Anexo D: Resultados de las encuestas -----	78

Índice de tablas

Tabla. 1 Descripción de los actores del negocio	30
Tabla. 2 Descripción de los trabajadores del negocio	31
Tabla. 3 Descripción del caso de uso del negocio: Solicitar estudio de clima	33
Tabla. 4 Descripción de los actores del sistema.....	41
Tabla. 5 Clasificación de los casos de uso del sistema	46
Tabla. 6 Clasificación de los actores	46
Tabla. 7 Factor de complejidad técnica	48
Tabla. 8 Factor de ambiente.....	49
Tabla. 9 Criterios de distribución de esfuerzo.....	50

Índice de figuras

Figura. 1 Diagramas de casos de uso Solicitar estudio de clima.....	30
Figura. 2 Diagrama de actividades del caso de uso Solicitar Estudio.....	34
Figura. 3 Diagrama modelo de objetos del negocio.....	35
Figura. 4 Diagrama de casos de uso del sistema	42
Figura. 5 Diagrama de clases del diseño.....	43
Figura. 6 Diagrama de Implementación.....	44

Introducción

Introducción

Nuestros antepasados vivían en un entorno esencialmente natural y su existencia dependía virtualmente de lo que pudieran hacer directamente con sus manos. Con el tiempo, por supuesto, crearon herramientas y simples utensilios y se habilitaron un refugio. Durante milenios, el hombre creó herramientas en un lento proceso de perfeccionamiento llevado a cabo por generaciones de trabajadores que les fueron introduciendo pequeñas modificaciones a los prototipos originales, en el sentido de mejorar sus características, para mejorar su productividad y hacerlos más cómodos y seguros de manejar.

En el mundo actual, la mayor parte de las cosas que usan las personas están hechas por el hombre. Uno de los factores más importantes que caracteriza a los países industrializados o desarrollados es el hecho de que la mayoría de la población habita en un mundo artificial creado por el hombre. Ese universo incluye elementos tales como edificios, máquinas, herramientas, automóviles, autopistas etc., y otros del ambiente, como la iluminación y el control atmosférico.

Los seres humanos siempre han tratado de adaptar lo que hacen y los entornos donde viven a su propio uso, sin embargo, sólo en los últimos años se han procurado de forma sistemática, concentrar la acción frente al objetivo de “adaptar todo al hombre”. Este campo es precisamente el que estudia la Ergonomía, la adaptación del trabajo a las capacidades del obrero, del ser humano. La Ergonomía es una disciplina relacionada con la interacción tanto física y psíquica, como funcional entre el hombre, su puesto de trabajo, sus herramientas y el ambiente laboral.

La Ergonomía se define como una disciplina científico-técnica y de diseño que estudia integralmente al hombre en su marco de actuación, relacionado con las máquinas dentro de un ambiente laboral específico, y que busca la optimización de los tres elementos del sistema (hombre-máquina-ambiente), para lo cual elabora métodos de estudio de las personas, de la técnica, del ambiente y de la organización del trabajo.

Introducción

Uno de los objetivos que persigue es diseñar la situación de trabajo de manera que ésta resulte plena de contenido y adecuada a las capacidades psico-fisiológicas y necesidades del ser humano, aumentar la eficiencia, eficacia y productividad del trabajo. [1]

La Ergonomía se puede aplicar para varias actividades, solo que existen áreas donde sus técnicas son más eficaces, como es el caso de la Ergonomía Ambiental, que es el área de la ergonomía que se encarga del estudio de las condiciones físicas que rodean al ser humano y que influyen en su desempeño al realizar diversas actividades, tales como el ambiente térmico, nivel de ruido, nivel de iluminación y vibraciones. La aplicación de los conocimientos de la ergonomía ambiental ayuda al diseño y evaluación de puestos y estaciones de trabajo, con el fin de incrementar el desempeño, seguridad y confort de quienes laboran en ellos. [2]

Uno de los aspectos del ambiente laboral que más incide sobre los trabajadores es el microclima laboral. El clima cubano se caracteriza por temperaturas y humedades elevadas la mayor parte del año y éstas características desfavorables del clima se ven agravadas en algunos centros laborales por razones tecnológicas, pobre ventilación y radiación solar directa o indirecta.

La mayoría de los trabajos se ejecutan en locales cerrados o semi-cerrados en los cuales se generan condiciones climáticas que, aunque influidas por el clima externo, difieren normalmente de éste. Existen trabajos que tienen lugar a temperaturas extremas como hornos de fundición y cámaras frigoríficas pero la inmensa mayoría pueden y deben realizarse en un ambiente confortable.

Resulta muy difícil definir con exactitud los parámetros de un ambiente confortable, ya que lo que para una persona constituye un ambiente confortable, otra encuentra esa misma situación incómoda.

La legislación dispone que el microclima sea lo más adecuado al organismo humano y al tipo de actividad desarrollada. Para ello, propone una serie de medidas concretas

Introducción

como son la Norma Cubana NC 19-01-03 “Aire en la Zona de Trabajo. Requisitos Higiénico Sanitarios Generales” [1]

Consecuencias de las malas condiciones del clima en el puesto de trabajo.

Tanto las temperaturas muy altas como las muy bajas tienen un efecto adverso sobre el bienestar y la realización del trabajo.

Las temperaturas muy altas provocan sensación de cansancio. Las temperaturas muy bajas provocan la necesidad de movimiento y una reducción de la atención.

La humedad relativa es uno de los factores importantes del clima en una habitación y tiene fuerte influencia sobre el confort. El aire muy seco, seca rápidamente las membranas mucosas de los ojos y la nariz. Esta inhibición del mecanismo de limpieza propio del sistema respiratorio aumenta el riesgo de infección y aumenta la sensibilidad de los ojos a varios tipos de molestias. La humedad relativa está generalmente relacionada con la sensibilidad a la temperatura y puede tener efectos sobre la realización del trabajo.

La circulación del aire, particularmente en habitaciones cerradas, tiene un efecto sobre el confort, pero si es agradable o desagradable depende de la temperatura y otros factores, generalmente es más desagradable cuando la temperatura es baja. Las partes del cuerpo que tienen más sensibilidad a las corrientes de aire son la cabeza, el cuello, los hombros y la espalda. Algunos tipos de molestias visuales como sensación de sequedad y ardor en los ojos son debidos al efecto secante del movimiento del aire sobre las membranas mucosas de los ojos. [1]

Introducción

Por todo lo anteriormente planteado se hace necesario solucionar con una mejora planificada y paulatina las condiciones micro climáticas existentes en los locales de trabajo. Para evaluar estas condiciones en un instante de tiempo determinado, es necesario realizar un estudio exhaustivo de varios factores, los que después serán utilizados para realizar una serie de cálculos que dan como resultado valores, que serán comparados con otros ya establecidos en tablas y haciendo una comparación entre ellos se determinará si son aceptables según lo establecido en la NC 19-01-03 “Aire en la zona de trabajo. Requisitos Higiénico-Sanitarios” admisibles o no.

Situación problemática

Los profesores del departamento de Seguridad Industrial de la Universidad de Cienfuegos no solo tienen la responsabilidad de enseñar a sus estudiantes, también son los encargados de realizar dichos estudios en las empresas que lo soliciten. Un estudio ergonómico se divide en 3 etapas, la 1ra es la etapa de evaluación, donde se realizan diferentes cálculos que luego son comparados con los parámetros establecidos en la NC 19-01-03. Una segunda parte sería la del diseño, en caso de que se detecte algún daño o problema, y un tercer paso sería entonces la elaboración de un plan de medidas y un plan de seguimiento a las mismas. Estos cálculos que lleva implícito el estudio ergonómico del factor de clima son realizados de forma manual o en ocasiones auxiliándose de una aplicación realizada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel como una forma de hacer más rápido el proceso de realización de los mismos. Para los profesores de este departamento dicha hoja representa una vía de solución pero no resuelve por completo el problema, pues solo pueden utilizarla para realizar los cálculos de la parte de evaluación y no del diseño, además de que no tiene implícitas las tablas de la Norma cubana por la que se rige este estudio de clima. Por la complejidad de los cálculos que requiere este estudio y por la existencia de una aplicación que no cumple con todos los requisitos que lleva el análisis, se define el siguiente **problema a resolver**: necesidad de contar con un sistema informático para calcular los factores de la evaluación y el diseño en los estudios ergonómicos de clima. Se considera como

Introducción

objeto de estudio los estudios ergonómicos de clima. Teniendo así como **campo de acción** la informatización de los cálculos del micro clima laboral y como **idea a defender**: Con la implementación de un sistema informático que calcule todos los parámetros que lleva implícito la parte de evaluación y diseño en un estudio ergonómico del factor clima, el especialista en ergonomía tiene una útil herramienta de análisis.

El trabajo tiene como **objetivo general**: Desarrollar un sistema informático para calcular todos los parámetros que conlleva el factor clima en los estudios ergonómicos.

Objetivos Específicos:

- Analizar el procedimiento y la documentación necesaria para llevar a cabo el estudio ergonómico.
- Diseñar los elementos del sistema que se va a informatizar.
- Implementar un sistema que permita la realización de los cálculos de evaluación y diseño en los estudios ergonómicos de clima laboral.
- Validar el sistema.

Para darle cumplimiento a los objetivos se realizarán las siguientes tareas:

- Estudio del procedimiento para la medición y cálculo de los parámetros correspondientes a la climatización.
- Estudio de los métodos para consultar tablas y normas, en un sistema informático.
- Estudio de la NC 19-01-03, "Aire zona de trabajo. Requisitos higiénico-sanitarios generales.
- Definición de las herramientas a utilizar.
- Definición de los procesos que se van a informatizar.
- Confeción de la documentación del sistema.
- Aplicación de una encuesta a estudiantes y especialistas en ergonomía.

Introducción

Aporte Práctico

El aporte práctico de este trabajo es la obtención de un sistema informático que calcule todos los parámetros que lleva implícito el factor clima en los estudios ergonómicos, facilitando el trabajo de los especialistas.

El presente documento estará estructurado de la siguiente manera:

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

En este capítulo se exponen los aspectos teóricos y conceptos asociados con el tema a desarrollar y se describen las metodologías, lenguajes y tecnologías utilizadas para realizar el sistema.

Capítulo 2: Descripción y *construcción de la solución propuesta*

En este capítulo se definen y describen las principales entidades y se plantean sus relaciones. Se presentan las reglas referidas al negocio. Se describe la solución propuesta utilizando la Metodología RUP y los Requerimientos funcionales y no funcionales, el Modelo del sistema y los Diagramas de clases del diseño.

Capítulo 3: Estudio de Factibilidad y Validación de la Solución Propuesta

En este capítulo se determinan los costos del sistema implementado, se realiza también el estudio de factibilidad, así como los beneficios vinculados al desarrollo del sistema. Para la validación del mismo se muestran los resultados obtenidos de las encuestas.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

1.1 Introducción

En este capítulo se abordan aspectos teóricos sobre la ergonomía, los estudios del micro clima laboral, software existentes asociados al campo de acción, procesos a informatizar y tecnologías a utilizar en la construcción del sistema propuesto.

1.2 La Ergonomía.

El origen e historia de la Ergonomía, se sitúan en los mismos inicios de la actividad humana. Es una ciencia que se encarga del estudio de la conducta y las actividades de las personas, con el fin de ajustar los productos, sistemas, puestos de trabajo y entornos a sus características, limitaciones y necesidades, optimizando su eficacia y buscando su seguridad y bienestar. Esta ciencia investiga todos los factores que representan las características integrales del vínculo entre el hombre y la máquina, las cuales surgen en las condiciones concretas de su acción mutua durante el funcionamiento del sistema. [2]

Su principal propósito es definir y diseñar herramientas y artefactos para diferentes tipos de ambiente. Su objetivo es maximizar la seguridad, la eficiencia y la fiabilidad para simplificar las tareas e incrementar la sensación de confort y satisfacción, así como la interacción de las personas con su entorno. [3]

1.2.1 El micro clima en los puestos de trabajo.

Ambiente térmico

El valor de las diferentes variables termo higrométricas, combinado con la intensidad de la actividad realizada en el trabajo, el tipo de vestido y las características individuales de los trabajadores, originan diferentes grados de aceptabilidad del ambiente térmico. El ambiente térmico del lugar de trabajo, aunque no sea extremo, puede influir

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

negativamente en el bienestar de los trabajadores. Un ambiente térmico inadecuado puede originar una reducción del rendimiento físico y mental, con la consiguiente disminución de la productividad, y un incremento de las distracciones, debido a las molestias ocasionadas, pudiendo ser estas distracciones la causa de accidentes laborales. [4]

1.3 Las Tic en el proceso de realización de los cálculos del factor de clima laboral.

La informatización de procesos por medio de la Tecnología de la Información y la Comunicación es de gran importancia porque es usada para reducir tiempo, esfuerzo y recursos dentro de un proceso determinado. Cuando un proceso es informatizado permite un acceso más rápido, ahorro en costos, menos trabajo con papel, así como resultados rápidos y periódicos de un estudio determinado. Esto permite obtener respuestas y propuestas de mejora en cuanto a tiempo, aumento de la productividad y la calidad al mismo tiempo. Los cálculos que conlleva un estudio micro climático son muchos, lo que tomaría mucho tiempo hacer de forma manual, sin embargo, con la ayuda de la informatización de estos cálculos no solo se ahorrarían tiempo y recursos, sino que se podría analizar el comportamiento de varios casos a la vez, y se podrían dejar almacenados los resultados, tarea que se ve dificultada con la realización de estos cálculos de forma manual.

1.5 Definiciones necesarias para la comprensión del objeto de estudio

- Se pueden diferenciar tres niveles en los valores de los factores del ambiente laboral:

1- **Óptimo:** Define condiciones de comodidad para los trabajadores.

2- **Aceptable:** Aparecen algunas manifestaciones que provocan malestar en los trabajadores pero que no tiene efectos adversos para la salud.

3- **Crítico:** De ser excedido provocaría la afectación de la salud de los trabajadores.

Capítulo1: Fundamentación Teórica

Es la obtención del nivel óptimo a lo que se debe aspirar, aunque en ocasiones solo sea posible alcanzar los niveles aceptables

- **Concepto de microclima laboral**

Zona o parte de nuestro clima que está presente en nuestra área de trabajo y que está influenciado por las características propias del trabajo que se realiza.

- **Factores que influyen en el micro clima laboral**

Los factores que constituyen el microclima laboral son: la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del aire y la radiación térmica.

- La **temperatura del aire** también denominada temperatura seca o temperatura de bulbo seco, es la temperatura que no está afectada por el contenido de vapor de agua en el aire. Se mide utilizando un termómetro corriente cuyo bulbo debe estar expuesto al aire pero protegido de la radiación infrarroja con una pantalla adecuada.

- Siendo la **temperatura de bulbo húmedo** la temperatura que está afectada por el contenido de vapor de agua del aire que se mide utilizando un termómetro corriente cuyo bulbo se ha cubierto con una camiseta de algodón humedecida en agua y protegida de la radiación térmica.

- La **humedad relativa** es la expresión en por ciento de la cantidad de vapor de agua existente en un volumen cualquiera de aire y la que habría en ese mismo volumen si estuviera saturado de vapor de agua.

- La **velocidad del aire** es la velocidad del aire sobre la piel del trabajador y tiene un efecto importante sobre el intercambio térmico del trabajador con el ambiente.

Capítulo1: Fundamentación Teórica

- La **radiación térmica** es una forma de radiación electromagnética. Todos los cuerpos radian calor en la banda infrarroja. Esta radiación puede tener origen natural (radiación solar directa o indirecta) o artificial (equipos o productos calientes).[5]

- **Ventilación:** Es una ciencia aplicada que estudia la generación y el control de corrientes de aire, con el objetivo de mantener el ambiente libre de olores desagradables, polvos, gases, vapores y otros contaminantes, así como un adecuado intercambio térmico entre el hombre y dicho ambiente.

- **Ventilación natural:** se le llama ventilación natural a la que se debe al efecto del viento o a la que provoca las diferencias de temperatura en el aire. Las masas de aire más calientes y menos densas tienden a elevarse sobre las de aire frío y más denso.

- **Ventilación artificial:** Es la que se efectúa al mover el aire con un dispositivo o mecanismo creado por el hombre. Con frecuencia recibe el nombre de ventilación mecánica.

- **Ventilación General:** Si su efecto es prácticamente homogéneo en el local ventilado.

- **Ventilación localizada:** Si su efecto está dirigido a una determinada área de su zona de trabajo.

- **Ventilación por inyección:** Cuando el aire, al fluir por el ventilador lo hace desde el exterior hacia el interior del local.

- **Ventilación por extracción:** Cuando el aire, al fluir por el ventilador lo hace desde el interior hacia el exterior del local. [5]

1.5.1 Fórmulas matemáticas para calcular los factores del micro clima laboral.

Existen varias fórmulas matemáticas que permiten conocer el estado micro-climático de un puesto de trabajo determinado, ellas son las siguientes:

La temperatura media radiante es la temperatura que en un punto provoca el calor radiante emitido por las superficies de los cuerpos existentes y se determina por la expresión siguiente:

$$(TMR + 273)^2 = (tg + 273)^4 + 1,4 \sqrt{Va} (tg - ts) 10^6$$

Donde:

TMR: Temperatura media radiante (°C)

tg: Temperatura de globo (°C)

Va: Velocidad del aire (m/s)

ts: Temperatura del aire o seca en (°C)

Balance Térmico

Las diferentes combinaciones posibles de los factores micro-climáticos provocan diferentes condiciones en los puestos de trabajo, conociendo la participación específica de cada uno de ellos y utilizando la ecuación de balance térmico es posible establecer controles sobre el microclima laboral.

La fórmula general de balance térmico es:

$$M \pm R \pm C - E = A$$

Donde:

M - generación metabólica de calor (W)

R - intercambio de calor por radiación (W)

C - intercambio de calor por convección (W)

E - pérdida de calor por evaporación del sudor (W)

A - calor perdido o ganado (W)

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

El **intercambio de calor por radiación** (R) depende de la diferencia entre las temperaturas de la superficie que circundan al trabajador y de la temperatura de la piel (aproximadamente 35 °C). Si la temperatura de la superficie es menor que la de la piel, el trabajador pierde calor por radiación, si es mayor, gana calor. Matemáticamente R se determina por la siguiente expresión:

$$R = 4.4 \times (TMR - 35)$$

Donde:

R: Intercambio de calor por radiación (W/m²)

TMR: Temperatura media radiante (°C)

El **intercambio de calor por convección** (C) depende de la diferencia de temperatura entre el aire que rodea al trabajador y su piel. Si la temperatura del aire es mayor que la de la piel, el trabajador gana calor por convección y si la temperatura del aire es menor, pierde calor por convección. Matemáticamente C se determina por la siguiente expresión:

$$C = 4.6 \times Va^{0.6} \times (ts - 35)$$

Donde:

C: Intercambio térmico por convección (W/m²)

Va: Velocidad del aire

ts : Temperatura del aire o seco (°C)

La **evaporación requerida** (Ereq) es la cantidad de calor que debe expulsar el organismo por medio de la evaporación del sudor para lograr el equilibrio térmico y se determina por la siguiente expresión:

$$Ereq = M \pm R \pm C \quad (\text{W/m}^2)$$

La **evaporación máxima** (Emax) es la cantidad de calor que puede perderse por evaporación del sudor sobre la piel dependiendo de, la humedad y de la velocidad del

aire sobre la piel, hasta un máximo fisiológico dado por la capacidad de sudoración del individuo (390 W/m^2).

$$E_{\max} = V_a^{0.6} \times (56 - P_{va}) \leq 390 \quad (\text{W/m}^2)$$

Donde:

E_{\max} : Evaporación máxima (W/m^2)

V_a : Velocidad del aire (m/s)

P_{va} : Presión parcial de vapor de agua (hPa)

1.5.2 Evaluación de los factores micro climáticos

La evaluación del microclima es muy compleja por la cantidad de factores que intervienen en el intercambio térmico habiéndose desarrollado diferentes indicadores que tratan de integrar varios factores.

En la norma cubana NC 19-01-03 se establecen los valores de los factores para las condiciones micro-climáticas óptimas, permisibles y críticas. Se han desarrollado diversos indicadores que tratan de integrar varios de estos factores entre los que se encuentran:

- Índice de Sobrecarga Calórica (ISC)
- Índice de temperatura de bulbo húmedo y de globo (WBGT)

ÍNDICE DE SOBRECARGA CALÓRICA (ISC)

El índice de sobrecarga calorífica (ISC) equivale al balance energético que se establece por la relación entre la cantidad de energía en forma de calor que se necesita eliminar en unas condiciones ambientales dadas y la energía máxima que es posible eliminar a través de la evaporación del sudor en esas condiciones. Se determina a través de la siguiente expresión:

$$ISC = \frac{E_{req}}{E_{max}} \times 100 \quad (\text{se expresa en } \%)$$

Este índice se deriva de la ecuación de balance térmico, tomando valores positivos en ambientes calurosos y negativos en un ambiente con bajas temperaturas.

ÍNDICE DE TEMPERATURA DE BULBO HÚMEDO Y DE GLOBO (WBGT)

Este indicador ha sido utilizado con alguna frecuencia debido a su fácil determinación lo que hace posible emplearlo como un índice de carácter operativo, es decir para mantener una vigilancia continua sobre la sobrecarga térmica (ISO 7243, 1989).

El WBGT se calcula por las expresiones siguientes:

$$WBGT = 0.7 \times t_{bh(n)} + 0.2 \times t_g + 0.1 \times t_{bs} \quad (^\circ\text{C}) \quad \text{para exteriores.}$$

$$WBGT = 0.7 \times t_{bh(n)} + 0.3 \times t_g \quad (^\circ\text{C}) \quad \text{para interiores.}$$

Es muy importante tener en cuenta, que todas las mediciones de los factores microclimáticos son válidas solo para el punto donde fueron tomadas y para ese instante.

Tiempo de trabajo

$$T_t = \frac{3.47 * pc * \Delta t}{E_{req} - E_{m\acute{a}x}}$$

Duración del período de descanso

$$Td = \frac{3.47 * pc * \Delta t}{Emax - Ereq} \text{ [6]}$$

1.5.3 Fórmulas matemáticas para diseñar la ventilación en un local o puesto de trabajo determinado.

Ventilación General por dilución

Concentración del contaminante en cualquier instante de tiempo

$$C = \frac{G}{Qd} \left[e^{-\frac{Qd t}{V}} \right]$$

Ventilación por dilución para G=0 y Concentración C₁

$$\log \frac{C_2}{C_1} = -\frac{Qd}{V} (t_2 - t_1)$$

Ventilación por dilución para períodos grandes

$$C = \frac{G}{Qd}$$

Tiempo necesario para que C₂ sea menor que CMA

$$\Delta t = -\frac{V}{Qd} \left[\ln \frac{G - Qd C_2}{G - Qd C_1} \right]$$

Donde:

G: generación del contaminante.

C: Concentración del contaminante.

Q_d: Caudal de aire para la dilución.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

C_1 : Concentración del contaminante en el aire del local en el instante t_1 .

C_2 : Concentración del contaminante en el aire del local en el instante t_2 .

V: volumen del local.

t_1 y t_2 : Tiempo.

Ventilación requerida según los cambios por hora

$$Q_r = NV$$

Donde:

N: Cambios por hora.

V: Volumen del local.

Q_r : Caudal requerido de ventilación.

Ventilación general según la ganancia térmica

Diferencia de temperatura equivalente

$$\Delta t_e = a + \Delta t_{es} + b \frac{R_s}{R_m} (\Delta t_{em} - \Delta t_{es})$$

Donde:

Δt_e : Diferencia equivalente a temperatura.

A: Factor de corrección.

Δt_{es} : Diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada para la pared a la sombra.

Δt_{em} : Diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada para la pared a la soleada.

b: Coeficiente que considera el calor de la cara exterior.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

R_s : Máxima insolación correspondiente al mes de latitud supuestos a través de una acristalada vertical para la orientación considerada en el caso de la pared u horizontal (techo y piso).

R_m : Máxima insolación en el mes de julio a 40° de latitud norte a través de una superficie acristalada vertical para la orientación considerada u horizontal.

Ventilación Natural

Caudal de ventilación natural

$$Q = C A V$$

Donde:

Q: Caudal de ventilación natural.

A: Área libre de las aberturas de entrada.

C: Coeficiente que depende de la relación entre el área de las ventanas de entrada y salida del aire y del ángulo de incidencias del viento con la fachada.

V: velocidad del viento exterior.

Ventilación artificial localizada por Inyección

Distancia desde la cara del orificio a la sección donde w_0 se mantiene en el eje del chorro m

$$l_0 = 0,335 \frac{D}{a}$$

Donde:

a: Coeficiente según la norma de la tobera

D: Diámetro de la tobera circular

Diámetro para toberas no circulares

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

$$D = \frac{4A}{P}$$

Donde:

A: Área de la sección de la tobera.

p: Perímetro de la tobera

Velocidad del aire en el eje de la tobera a una distancia x.

$$W_x = \frac{0,48 W_0}{\frac{ax}{D} + 0,145} \quad \text{Para } x > L_0$$

Velocidad del aire en el eje de la tobera a una distancia media.

$$W_x m = \frac{0,0945 W_0}{\frac{ax}{D} + 0,145} \quad \text{Para } x \geq L_0$$

Donde:

W_x : Velocidad del aire en el eje de la tobera a una distancia x.

W_0 : Velocidad en la cara de la tobera.

X: Distancia a la cara de la tobera.

a: Coeficiente según la norma de la tobera.

$$W_{xm} = W_0 \left[\frac{1 + 1,52 \frac{ax}{D} + 5,28 \left(\frac{ax}{D}\right)^2}{1 + 13,6 \frac{ax}{D} + 46,24 \left(\frac{ax}{D}\right)^2} \right] \quad \text{Para } x < L_0$$

Donde:

W_x : Velocidad del aire en el eje de la tobera a una distancia x.

X: Distancia a la cara de la tobera.

a: Coeficiente según la norma de la tobera.

D: Diámetro de la tobera circular.

Diámetro aumentado del chorro de aire a una distancia x

$$D_x = 6,8D \left(\frac{ax}{D} + 0,145 \right) \text{ Para } x \geq L_0$$

$$D_x = D \left(6,8 \frac{ax}{D} + 1 \right) \text{ Para } x < L_0$$

Donde:

X: Distancia a la cara de la tobera.

a: Coeficiente según la norma de la tobera.

D: Diámetro de la tobera circular.

Temperatura del chorro de aire a una distancia x

$$T_x = T_l + \frac{0,35(T_0 - T_l)}{\frac{ax}{D} + 0,145} \text{ Para } x \geq L_0$$

Donde:

T₀: temperatura del bulbo seco del aire de salida de la tobera.

T_l: Temperatura del aire del local.

X: Distancia a la cara de la tobera.

a: Coeficiente según la forma de la tobera.

D: Diámetro de la tobera circular.

Caudal del aire del chorro a la distancia x

$$Q_x = 4,36 Q_0 \left(\frac{ax}{D} + 0,145 \right) \text{ Para } x \geq L_0$$

$$Q_x = Q_0 \left[1 + 1,52 \frac{ax}{D} + 5,28 \left(\frac{ax}{D} \right)^2 \right] \text{ Para } x < L_0$$

Donde:

Q_0 : Caudal de aire a la salida de la tobera.

T_L : Temperatura del aire del local.

X : Distancia a la cara de la tobera.

a : Coeficiente según la norma de la tobera.

D : Diámetro de la tobera circular.

Caudal de aire a la salida de la tobera

$$Q_0 = A W_0$$

Donde:

A : Área de la tobera.

Ventilación artificial localiza por extracción

Caudal de ventilación localizada por extracción

$$Q = V_c \left[\frac{x^2}{b} + A \right]$$

Donde:

Q : Caudal de aire a extraer por la toma

A : Área de la cara de la toma.

b : Coeficiente según la forma de la toma.

X : Distancia de la cara a la toma al punto más alejado de la generación.

V_c : Velocidad de captura en el eje de la toma.

Caudal de ventilación en campanas de extracción

$$Q = V D P$$

Donde:

Q : Caudal de ventilación.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

V: velocidad de captura.

P: Perímetro libre de la campana.

D: Distancia entre la superficie superior de la mesa o equipo generador y el borde de la campana.

Caudal de ventilación en tanques abiertos

$$Q = f_v L W$$

Donde:

Q: caudal de ventilación.

L: Largo del tanque.

W: Ancho del tanque.

f_v : Factor de volumen.

Diseño de conductos

Presión de velocidad

$$PV = 0,613 V^2$$

Donde:

Pv: Presión de velocidad.

V: velocidad del aire. [5]

1.6 Análisis de las aplicaciones existentes a nivel nacional e internacional.

En la universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez se realiza el estudio con la ayuda de una hoja de cálculo de Microsoft Excel. En la bibliografía consultada no se encontró información sobre otro software que pudiera ser usado con este fin.

1.6.1 Propuesta de solución

Luego de analizar la hoja de cálculo usada en la universidad para calcular los factores de clima laboral, se llegó a la conclusión de que no cumple con todos los requisitos que lleva el estudio, por esto se propone la implementación de un sistema que permita la realización de los cálculos evaluativos y de diseño, que brinde una interfaz visual de fácil entrada y acceso a los datos, que agilice el proceso con una obtención rápida de resultados y que contenga las normas establecidas en Cuba que controlan estos parámetros.

1.7 Fundamentación de las herramientas utilizadas.

Rational Rose

Es una herramienta desarrollada por Rational Corporation basada en el Lenguaje Unificado de Modelación (UML), que permite crear los diagramas que se van generando durante el proceso de Ingeniería en el Desarrollo del Software.

Entre las características principales de Rational se pueden destacar:

1. Admite como notaciones: UML, OMT y Booch.
2. Permite desarrollo multiusuario.
3. Genera documentación del sistema.
4. Disponible en múltiples plataformas.

Esta herramienta permite que el equipo de desarrollo entienda mejor el problema, que identifique las necesidades del cliente en forma más efectiva y comunique la solución propuesta de forma más clara. Rational permite completar una gran parte de las disciplinas (flujos fundamentales) de RUP tales como:

1. Captura de requisitos (parcialmente).
2. Análisis y diseño (completamente).
3. Implementación (como ayuda).

4. Control de cambios y gestión de configuración (parcialmente). [7]

Microsoft Excel

Programa del tipo hoja de cálculo u hoja electrónica. Una hoja de cálculo permite efectuar cálculos sencillos y complejos con rapidez y precisión. Además permite modelar o simular situaciones con el objeto de efectuar análisis sobre las mismas. Esta sustituye con grandes ventajas a las calculadoras normales, científicas y financieras, proporcionando además un interfaz más adecuado para el tratamiento de problemas numéricos que la simple pantalla de diez dígitos que proporcionan la mayoría de las calculadoras. Las hojas de cálculo están dispuestas en filas y columnas. La intersección de una fila/columna se denomina celda. Cada celda puede contener un dato o una fórmula que puede hacer referencia a los contenidos de otras celdas. Esta contiene 256 columnas, que se rotulan con letras (desde la A la IV), y las filas con números (del 1 al 65.536), lo que da un total de 16.777.216 celdas por hoja de cálculo.

Para ejecutar fórmulas las hojas de cálculo obtienen la información desde varias celdas especificadas por el usuario, que representan información en diferentes formatos. Las hojas de cálculo no son simples celdas para introducir números con los que realizan diferentes operaciones: son herramientas que permiten tratar esos números y hacer gráficos o exportarlos a otros documentos. [8]

1.8 Fundamentación del lenguaje de programación y Ambiente de Desarrollo utilizado.

Lenguaje de Programación Java

El lenguaje para la programación en Java, es un lenguaje orientado a objeto, de una plataforma independiente, fue desarrollado por la compañía Sun Microsystems, con la idea original de usarlo para la creación de páginas WEB.

Capítulo1: Fundamentación Teórica

Una de las utilidades de la programación en Java es el desarrollo de aplicaciones, que son programas que se ejecutan en forma independiente, es decir con la programación Java, se pueden realizar aplicaciones como un procesador de palabras, una hoja que sirva para cálculos, una aplicación grafica, etc. en resumen cualquier tipo de aplicación se puede realizar con ella. Java permite la modularidad por lo que se pueden hacer rutinas individuales que sean usadas por más de una aplicación, por ejemplo tenemos una rutina de impresión que puede servir tanto para el procesador de palabras, como para la hoja de calculo.

La programación en Java, permite el desarrollo de aplicaciones tanto bajo el esquema de Cliente Servidor, como de aplicaciones distribuidas, lo que lo hace capaz de conectar dos o más computadoras u ordenadores, ejecutando tareas simultáneamente, y de esta forma logra distribuir el trabajo a realizar. [9]

IDE NetBeans

NetBeans es una plataforma para el desarrollo de aplicaciones de escritorio usando el lenguaje Java y un entorno de desarrollo integrado (*IDE*) para desarrollar bajo esta plataforma, pero también admite otros lenguajes de programación como C y C++ mediante los cuales se pueden crear aplicaciones gráficas.

La plataforma NetBeans permite que las aplicaciones sean desarrolladas a partir de un conjunto de componentes de software llamados módulos. Un módulo es un archivo Java que contiene clases de Java escritas para interactuar con las API (**Interfaz de programación de aplicaciones**) de NetBeans y un archivo especial (manifest file) que lo identifica como módulo. Las aplicaciones construidas a partir de módulos pueden ser extendidas agregándole nuevos módulos. Debido a que los módulos pueden ser desarrollados independientemente, las aplicaciones basadas en la plataforma NetBeans pueden ser extendidas fácilmente por otros desarrolladores de software. [10]

1.9 Fundamentación de la metodología utilizada y el lenguaje de modelado a considerar para la propuesta.

Definición de metodología

Una metodología es un conjunto integrado de técnicas y métodos que permite abordar de forma homogénea y abierta cada una de las actividades del ciclo de vida de un proyecto de desarrollo. Es un proceso de software detallado y completo.

Las metodologías definen artefactos, roles y actividades, junto con prácticas y técnicas recomendadas. Es un modo sistemático de realizar, gestionar y administrar un proyecto para llevarlo a cabo con altas posibilidades de éxito. Una metodología para el desarrollo de software comprende los procesos a seguir sistemáticamente para idear, implementar y mantener un producto de software desde que surge la necesidad del producto hasta que cumplimos el objetivo por el cual fue creado. [11]

Unified Modeling Language (UML)

UML, por sus siglas en inglés, **Unified Modeling Language**: es el lenguaje de modelado de sistemas de software más conocido y utilizado en la actualidad; está respaldado por el OMG (Object Management Group). Es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema de software. UML ofrece un estándar para describir un "plano" del sistema (modelo), incluyendo aspectos conceptuales tales como procesos de negocios y funciones del sistema, y aspectos concretos como expresiones de lenguajes de programación, esquemas de bases de datos y componentes de software reutilizables.

Es importante resaltar que UML es un "lenguaje" para especificar y no para describir métodos o procesos. Se utiliza para definir un sistema de software, para detallar los artefactos en el sistema y para documentar y construir. En otras palabras, es el lenguaje en el que está descrito el modelo. Se puede aplicar en una gran variedad de formas

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

para dar soporte a una metodología de desarrollo de software (tal como el Proceso Unificado Racional), pero no especifica en sí mismo qué metodología o proceso usar.

UML no puede compararse con la programación estructurada, pues UML significa (Lengua de Modelación Unificada), no es programación, solo se diagrama la realidad de una utilización en un requerimiento. Mientras que, programación estructurada, es una forma de programar como lo es la orientación a objetos, sin embargo, la orientación a objetos viene siendo un complemento perfecto de UML, pero no por eso se toma UML sólo para lenguajes orientados a objetos

UML cuenta con varios tipos de diagramas, los cuales muestran diferentes aspectos de las entidades representadas.

Rational Unified Process (RUP)

El proceso unificado Rational (RUP) es un marco de trabajo de proceso de desarrollo de software iterativo creado por Rational Software Corporation, una división de IBM desde 2003. RUP no es un proceso preceptivo concreto individual, sino un marco de trabajo de proceso adaptable, con la idea de ser adaptado por las organizaciones de desarrollo y los equipos de proyecto de software que seleccionarán los elementos del proceso que sean apropiados para sus necesidades.

RUP se basa en un conjunto de módulos o elementos de contenido, que describen qué se va a producir, las habilidades necesarias requeridas y la explicación paso a paso describiendo cómo se consiguen los objetivos de desarrollo. Los módulos principales, o elementos de contenido, son:

Roles (quién): un rol define un conjunto de habilidades, competencias y responsabilidades relacionadas.

Productos de trabajo (qué): un producto de trabajo representa algo que resulta de una tarea, incluyendo todos los documentos y modelos producidos mientras que se trabaja en el proceso.

Capítulo1: Fundamentación Teórica

Tareas (cómo): una tarea describe una unidad de trabajo asignada a un rol que proporciona un resultado significativo.

Las cuatro fases en las que RUP divide el ciclo de vida del proyecto son:

Fase de iniciación: se define el alcance del proyecto.

Fase de elaboración: se analizan las necesidades del negocio en mayor detalle y se define sus principios arquitectónicos.

Fase de construcción: se crea el diseño de la aplicación y el código fuente.

Fase de transición: se entrega el sistema a los usuarios. [10]

1.10 Conclusiones

Después del análisis realizado se concluye que dada la importancia que tiene en la actualidad la ergonomía y dentro de esta, los factores que influyen en el confort de los trabajadores, es que se hace necesario implementar un sistema informático que facilite los cálculos de este proceso. A lo largo del capítulo se hizo una descripción de la metodología y las herramientas que serán utilizados para realizar la implementación de dicho sistema.

Capítulo 2: Descripción y construcción de la Solución Propuesta

La metodología utilizada en esta investigación es la metodología RUP, por esto, en el presente capítulo se hace una descripción detallada de algunos artefactos que la componen, como es el caso del modelo del negocio, del cual detallaremos su funcionamiento y la ejecución de los procesos, así como la definición de los actores y trabajadores que intervienen en ellos. Se explicarán las reglas que rigen estos procesos y se realizarán todos los diagramas de actividades necesarios para una buena comprensión del negocio planteado. En el caso del sistema también se explicará en detalles el papel de los actores que intervienen, la descripción de sus casos de uso, así como su diagrama correspondiente. Se realizará un análisis y un diseño del sistema planteado y se facilitará el entendimiento con los diagramas de clases del diseño, el diagrama del modelo físico y lógico de datos y el diagrama de implementación.

2.1 Descripción del modelo de negocio

El departamento de Seguridad Industrial de la Universidad de Cienfuegos, ubicado exactamente en la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales es el encargado de realizar los estudios ergonómicos que se aplican a los puestos de trabajo en las empresas, dicho estudio se puede realizar por dos vías, una de ellas es por pedido de las empresas a la Universidad y otra es cuando la universidad envía estudiantes a las empresas para realizar sus prácticas docentes, este proceso se realiza mediante un convenio de colaboración, firmado por ambas partes. De cualquier forma que se realice el pedido del estudio, el encargado del mismo es responsable de aplicar un diagnóstico. Un primer paso dentro de este diagnóstico es la aplicación de encuestas a los trabajadores, la cual se convierte en un canal de comunicación para que el personal pueda expresar su sentir en relación a las condiciones laborales que inciden en su desempeño. Un segundo paso sería la toma de las mediciones necesarias, utilizando los equipos especializados para medir los parámetros de climatización en un local

Capítulo 2: Descripción y Construcción de la solución propuesta

determinado (Psicrómetro de aspiración, Higrómetros, Anemómetros, Termómetro de globo). Un tercer paso es luego de obtener estas mediciones la realización de los cálculos propios del estudio climático. Con la realización de los mismos se obtienen varios resultados, los cuales son comparados con los valores establecidos en la Norma Cubana 19-01-03 “Aire en la zona de trabajo. Requisitos higiénico-sanitarios generales”. Si los resultados arrojados por el estudio muestran algún tipo de daño se procede a determinar las causas y se realiza entonces una serie de cálculos específicos, que serían usados para diseñar un sistema de ventilación que solucione dicho daño. Luego de determinadas dichas causas se elabora una propuesta de acciones de mejoras y una propuesta de control de las mismas. Cuando es entregado el informe final del estudio si se ha hecho algún convenio de pago se procede a realizarlo y sino, se da por terminado el estudio.

2.2 Reglas del negocio a considerar

Después de identificar los procesos del negocio se definen las siguientes reglas:

- 1- El especialista en Ergonomía es el encargado de realizar el estudio ergonómico de clima.
- 2- El estudio ergonómico de clima se debe realizar siguiendo el procedimiento establecido en la NC 19-01-03 “Aire en la zona de trabajo. Requisitos Higiénicos Sanitarios Generales”.

2.3 Modelo de casos de uso del negocio

El modelo de Casos de Uso del Negocio es un modelo que describe los procesos de un negocio mediante la identificación de casos de uso del negocio y su interacción con elementos externos (actores del negocio), tales como socios y clientes, es decir, describe las funciones que el negocio debe realizar y su objetivo básico es describir cómo el negocio es utilizado por sus clientes y socios. [11]

2.3.1 – Actores del negocio

Un actor del negocio representa un tipo particular de usuario del negocio, más que un usuario físico, ya que varios usuarios físicos pueden realizar el mismo papel en relación al negocio, o sea, ser instancias de un mismo actor. [11]

Actor	Descripción
Usuario	Es el encargado de comunicar al especialista la situación existente.

Tabla. 1 Descripción de los actores del negocio

2.3.2 – Diagramas de casos de uso del negocio

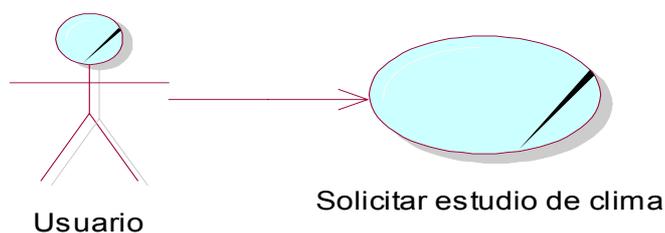


Figura. 1 Diagramas de casos de uso Solicitar estudio de clima

2.3.3 – Trabajadores del negocio

Un trabajador del negocio es una persona, área de una empresa, o sistema, que está responsabilizado con la ejecución de un conjunto de actividades dentro de un proceso. [11].

Capítulo 2: Descripción y Construcción de la solución propuesta

Trabajador	Descripción
Especialista	Es la persona encargada de analizar el local aplicando encuestas, tomando las mediciones necesarias, realizando los cálculos y elaborando un informe con los resultados del estudio, el plan de medidas y de control de las mismas.

Tabla. 2 Descripción de los trabajadores del negocio

2.3.4 – Descripción de los casos de uso del negocio

Un caso de uso del negocio define qué debe ocurrir en el negocio cuando aquel se realiza, describe el comportamiento de una sucesión de acciones que produce un resultado de valor para un actor particular del negocio. [11]

Caso de Uso del Negocio	Solicitar estudio de clima
Actores	Usuario (inicia)
Propósito	Solicitar estudio de clima para un local de trabajo.
Resumen	
<p>El proceso inicia cuando el usuario presenta la situación existente en el local o puesto de trabajo, con el objetivo de solicitar un estudio ergonómico de clima. Luego el especialista toma las mediciones que necesita y hace un análisis de la empresa aplicando encuestas. Con los resultados obtenidos de las encuestas se hace un análisis, y si existe algún problema se procede a realizar los cálculos de la evaluación, si estos cálculos arrojan resultados que están dentro del rango establecido se termina el estudio y se ofrece un informe final, sino, se realizan los cálculos de la parte de diseño, para mejorar las condiciones existentes en el local. El caso de uso termina cuando se realiza un informe final con los resultados obtenidos en el estudio.</p>	
Casos de uso asociados	

Capítulo 2: Descripción y Construcción de la solución propuesta

Curso Normal de los eventos	
Acción del Actor	Respuesta del negocio
<p>1- El usuario presenta la situación existente en su local o puesto de trabajo.</p> <p>10- Recibe la documentación final.</p>	<p>2-El especialista toma los datos que necesita.</p> <p>3- Asigna el personal que realizará el estudio de clima.</p> <p>4- Analiza el entorno laboral aplicando encuestas y cuestionarios.</p> <p>5-Estudia los resultados obtenidos con el análisis.</p> <p>6- En caso de que exista alguna afectación calcula los parámetros de la evaluación.</p> <p>7- Evalúa los índices.</p> <p>8- Comprara los resultados obtenidos con los establecidos.</p> <p>9- Si los valores resultantes están fuera del rango establecido se calculan los parámetros del diseño.</p> <p>9- Confecciona la documentación final.</p>
Curso Alternativo de los eventos (7)	
Acción 6	Si no existe ninguna afectación se informa a la empresa.
Acción 9	Si están dentro del rango admisible informa los resultados.
Prioridad	Alta
Mejoras	

Tabla. 3 Descripción del caso de uso del negocio: Solicitar estudio de clima

2.3.5 – Diagramas de actividades del negocio

El diagrama de actividades es un grafo de actividades que contiene estados en que puede hallarse una actividad. Un estado de actividad representa la ejecución de una sentencia de un procedimiento, o el funcionamiento de una actividad en un flujo de trabajo. [11]

Diagramas de actividades: Caso de uso Solicitar Estudio

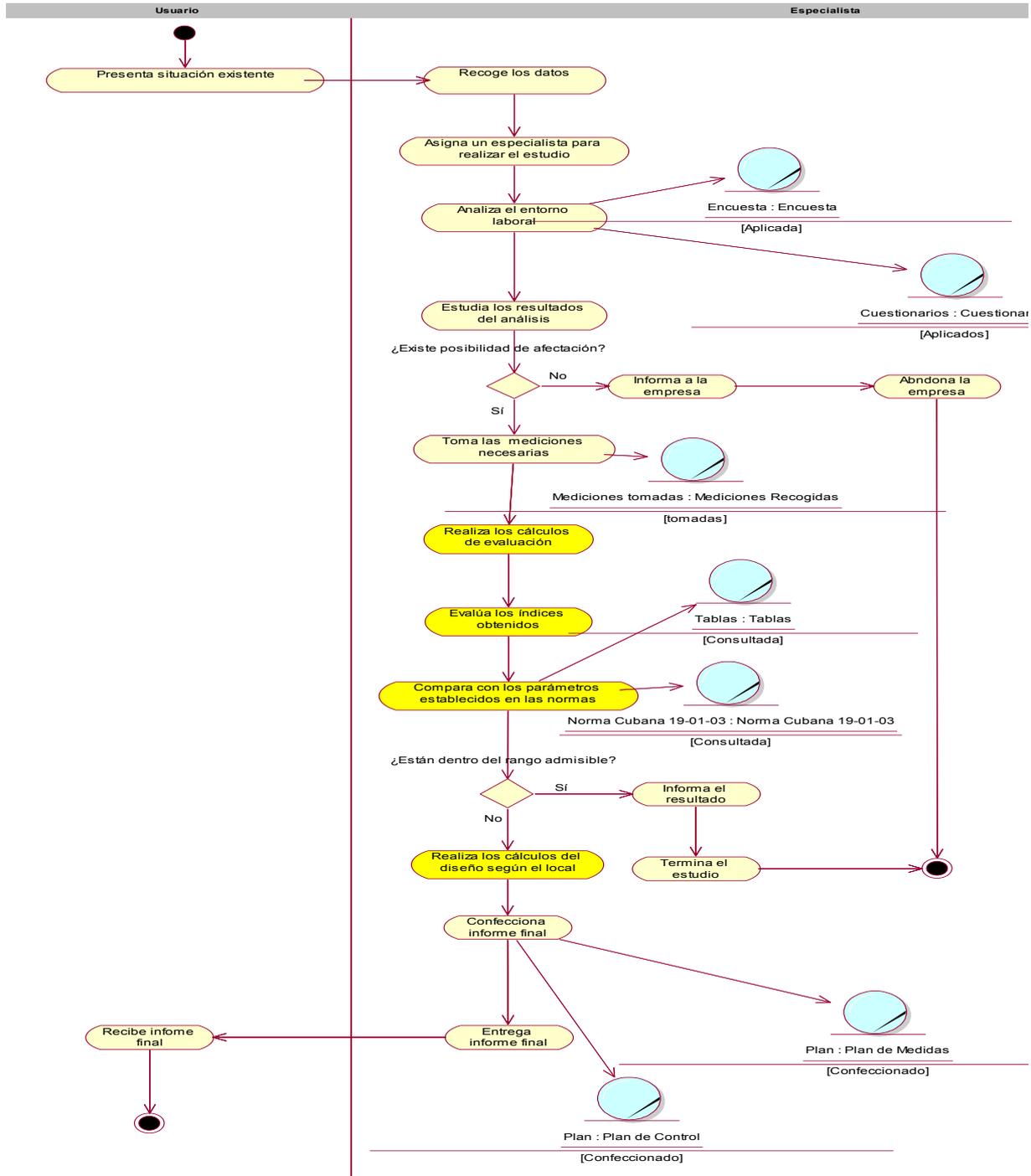


Figura. 2 Diagrama de actividades del caso de uso Solicitar Estudio

2.4 – Modelo de objetos del negocio

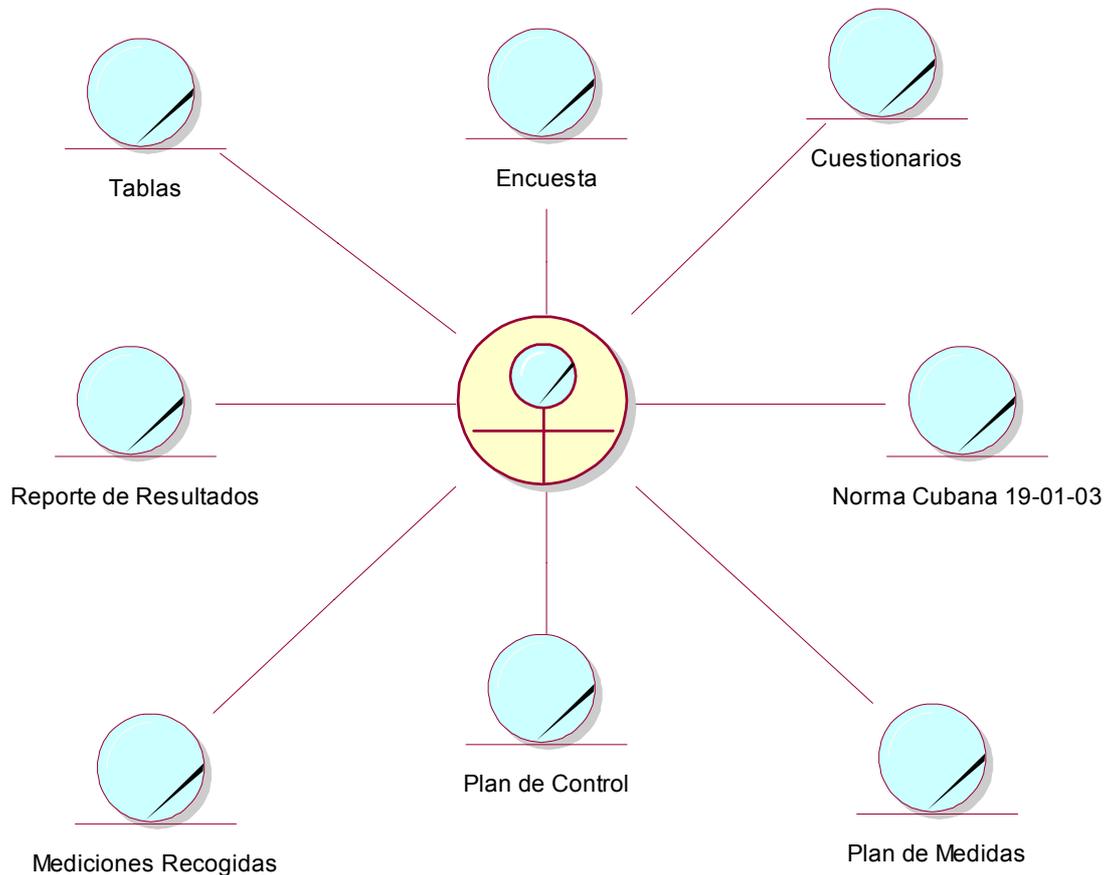


Figura. 3 Diagrama modelo de objetos del negocio

2.5 –Requisitos

Un requisito es una condición y exigencia que debe cumplir el sistema que vamos a desarrollar a solicitud del usuario, o cliente. [12] **(Conferencia 4)**

2.5.1 – Requerimientos funcionales

Los requisitos funcionales son capacidades o condiciones que el sistema debe cumplir.

En la realización de los casos de uso del negocio, se obtienen las actividades que serán objeto de automatización. Estas actividades no son exactamente los requisitos funcionales, pero sí son el punto de partida para identificar qué debe hacer el sistema. Los requisitos funcionales se mantienen invariables sin importar con que propiedades o cualidades se relacionen. [12]

Requerimientos Funcionales

- R1. Insertar temperatura del globo.
- R2. Insertar velocidad del aire.
- R3. Insertar temperatura de aire o seca.
- R4. Calcular Temperatura Media Radiante.
- R5. Insertar la generación metabólica de calor.
- R6. Insertar la pérdida de calor por evaporación del sudor.
- R7. Calcular el Intercambio de Calor por Radiación.
- R8. Calcular el Intercambio de Calor por Convección.
- R9. Calcular la Evaporación Requerida.
- R10. Obtener la presión parcial de vapor de agua.
- R11. Visualizar Carta Psicrométrica.
- R12. Calcular la Evaporación Máxima.
- R13. Comparar las situaciones micro-climáticas.
- R14. Insertar peso corporal.
- R15. Insertar incremento de la temperatura corporal.
- R16. Calcular Tiempo de Trabajo Máximo.
- R17. Calcular Período de Descanso.
- R18. Calcular el Índice de Sudoración Calorífica.

Capítulo 2: Descripción y Construcción de la solución propuesta

- R19. Obtener Significado del Índice de Sudoración Calorífica.
- R20. Insertar temperatura de bulbo húmedo.
- R21. Insertar temperatura de bulbo seco.
- R22. Calcular el Índice de Temperatura de Bulbo Húmedo y Globo para interiores.
- R23. Calcular el Índice de Temperatura de Bulbo Húmedo y Globo para exteriores.
- R24. Insertar la concentración del contaminante en el aire del local en el instante t_1 .
- R25. Insertar la concentración del contaminante en el aire del local en el instante t_2 .
- R26. Insertar el volumen del local.
- R27. Insertar el tiempo 1.
- R28. Insertar el tiempo 2.
- R29. Calcular caudal de Ventilación por Dilución.
- R30. Insertar la generación del contaminante.
- R31. Insertar el tiempo.
- R32. Calcular la Concentración del Contaminante en cualquier instante de tiempo.
- R33. Insertar la concentración del contaminante.
- R34. Calcular la Ventilación por Dilución para períodos grandes.
- R35. Calcular el Tiempo Necesario para que C_2 sea menor que CMA.
- R36. Obtener cambios por hora del Anexo 8.1.
- R37. Calcular la ventilación requerida según los cambios por hora.
- R38. Obtener el valor de la diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada de la pared a la soleada.
- R39. Obtener el valor de la diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada de la pared a la sombra.
- R40. Insertar coeficiente que considera el calor de la cara exterior de la pared.
- R41. Insertar factor de corrección.
- R42. Obtener la máxima insolación correspondiente al mes y la latitud supuestos a través de una superficie acristalada vertical para la orientación considerada en el caso de la pared, u horizontal (techo, piso).
- R43. Obtener la máxima insolación en el mes de julio a 40^0 de latitud norte a través de una superficie acristalada vertical para la orientación considerada u horizontal.

Capítulo 2: Descripción y Construcción de la solución propuesta

- R44. Calcular diferencia de temperatura equivalente
- R45. Insertar el área libre de las aberturas.
- R46. Obtener la velocidad del viento en el exterior del Anexo 8.16
- R47. Obtener el coeficiente que depende de de la relación entre el área de las ventanas de entrada y la salida del aire y del ángulo de incidencia del viento con la fachada del Anexo 8.15
- R48. Calcular el Caudal de Ventilación Natural.
- R49. Obtener el coeficiente según la forma de la tobera del Anexo 8.17
- R50. Insertar diámetro de la tobera circular.
- R51. Calcular la distancia desde la cara del orificio a la sección donde W_0 se mantiene en el eje del chorro m.
- R52. Insertar el área de la sección de la tobera.
- R53. Insertar el perímetro de la tobera.
- R54. Insertar la velocidad en la cara de la tobera.
- R55. Insertar la distancia a la cara de la tobera.
- R56. Calcular la Velocidad del Aire en el Eje de la Tobera a una Distancia x .
- R57. Calcular la Velocidad del Aire en el Eje de la Tobera a una Distancia Media para $x \geq L_0$.
- R58. Calcular la Velocidad del Aire en el Eje de la Tobera a una Distancia Media para $x < L_0$
- R59. Calcular el Diámetro Aumentado del Chorro de Aire a la Distancia x para $x \geq L_0$.
- R60. Calcular el Diámetro Aumentado del Chorro de Aire a la Distancia x para $x < L_0$.
- R61. Insertar la temperatura del bulbo seco del aire a la salida de la tobera.
- R62. Insertar la temperatura del aire del local.
- R63. Calcular la Temperatura del Chorro a la Distancia x .
- R64. Insertar el área de la tobera.
- R65. Calcular el Caudal de Aire a la salida de la Tobera.
- R66. Calcular el Caudal del Aire del Chorro a la Distancia x , para $x \geq L_0$.
- R67. Calcular el Caudal del Aire del Chorro a la Distancia x , para $x < L_0$.
- R68. Obtener velocidad de captura del Anexo 8.20.

Capítulo 2: Descripción y Construcción de la solución propuesta

- R69. Insertar distancia de la cara de la toma al punto más alejado de la generación.
- R70. Obtener coeficiente según la forma de la toma del Anexo 8.21.
- R71. Insertar área de la cara de la toma.
- R72. Calcular el Caudal de Aire a Extraer por la Toma.
- R73. Insertar el perímetro libre de la campana.
- R74. Insertar la distancia entre la superficie superior de la mesa o equipo generador y el borde de la campana.
- R75. Calcular el Caudal de Ventilación a Extraer en una Campana de Extracción.
- R76. Insertar el largo del tanque.
- R77. Insertar el ancho del tanque.
- R78. Obtener el factor de volumen del Anexo 8.23.
- R79. Calcular el Caudal de ventilación a Extraer para Tanques Abiertos.
- R80. Insertar la velocidad del aire
- R81. Calcular Presión de velocidad
- R82. Visualizar tablas.
- R83. Visualizar gráfico de Carta Psicrométrica.

2.5.2 – Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales son propiedades o cualidades que el producto debe tener. Debe pensarse en estas propiedades como las características que hacen al producto atractivo, usable, rápido o confiable, por ejemplo, pudiera desearse que el sistema responda dentro de un intervalo de tiempo especificado o que obtenga los resultados de los cálculos con un nivel de precisión dado. En muchos casos los requerimientos no funcionales son fundamentales en el éxito del producto. Normalmente están vinculados a requerimientos funcionales, es decir una vez se conozca lo que el sistema debe hacer podemos determinar cómo ha de comportarse, qué cualidades debe tener o cuán rápido o grande debe ser. [12]

Capítulo 2: Descripción y Construcción de la solución propuesta

Requerimientos de apariencia o interfaz externa.

La interfaz del sistema debe ser sencilla y de fácil uso, siguiendo un orden lógico de las acciones y permitiendo una navegación eficiente.

Requerimientos de Usabilidad.

El sistema propuesto facilitará la realización de los cálculos de la evaluación y el diseño en los estudios ergonómicos y disminuirá considerablemente el tiempo que se utilizaba para realizarlo.

Requerimientos de Rendimientos

El sistema propuesto debe ser rápido en el procesamiento de la información así como a la hora de dar respuesta a la solicitud de los usuarios. Las respuestas obtenidas por parte del debe tener un alto nivel de confiabilidad.

Requerimientos de Portabilidad.

El sistema fue desarrollado en la plataforma Windows, pero cuenta con una versión portable que puede ser ejecutada tanto en Windows como en Linux.

Requerimientos Legales

La herramienta propuesta cumple con lo establecido en la norma cubana 19-01-03 “Aire en la zona de trabajo. Requisitos Higiénicos Sanitarios Generales”

Requerimientos de Software

El sistema propuesto necesita para ejecutar la versión portable tener instalada con anterioridad la máquina virtual de java.

Requerimientos de Hardware

Capítulo 2: Descripción y Construcción de la solución propuesta

Para poder utilizar el sistema, la máquina debe tener al menos 128 Mb de RAM.

Requerimientos de Seguridad

Se utilizarán validaciones que limiten la entrada de datos irreales.

2.6 – Modelo de casos de uso del sistema

El modelo de casos de uso del sistema es el artefacto de UML que contiene todos los requisitos funcionales que deberá cumplir el sistema. Contiene a los actores del sistema y a los casos de uso del sistema. [13]

2.6.1 – Actores del sistema

Los actores representan los elementos externos al sistema que colaboran con él. [13]

Actor	Descripción
Especialista	Es el encargado de analizar la empresa utilizando técnicas de recopilación de información como la encuesta y los cuestionarios. Realiza el estudio de evaluación y diseño si es necesario y elabora un informe con los resultados.

Tabla. 4 Descripción de los actores del sistema

2.6.2 – Diagramas de casos de uso del sistema

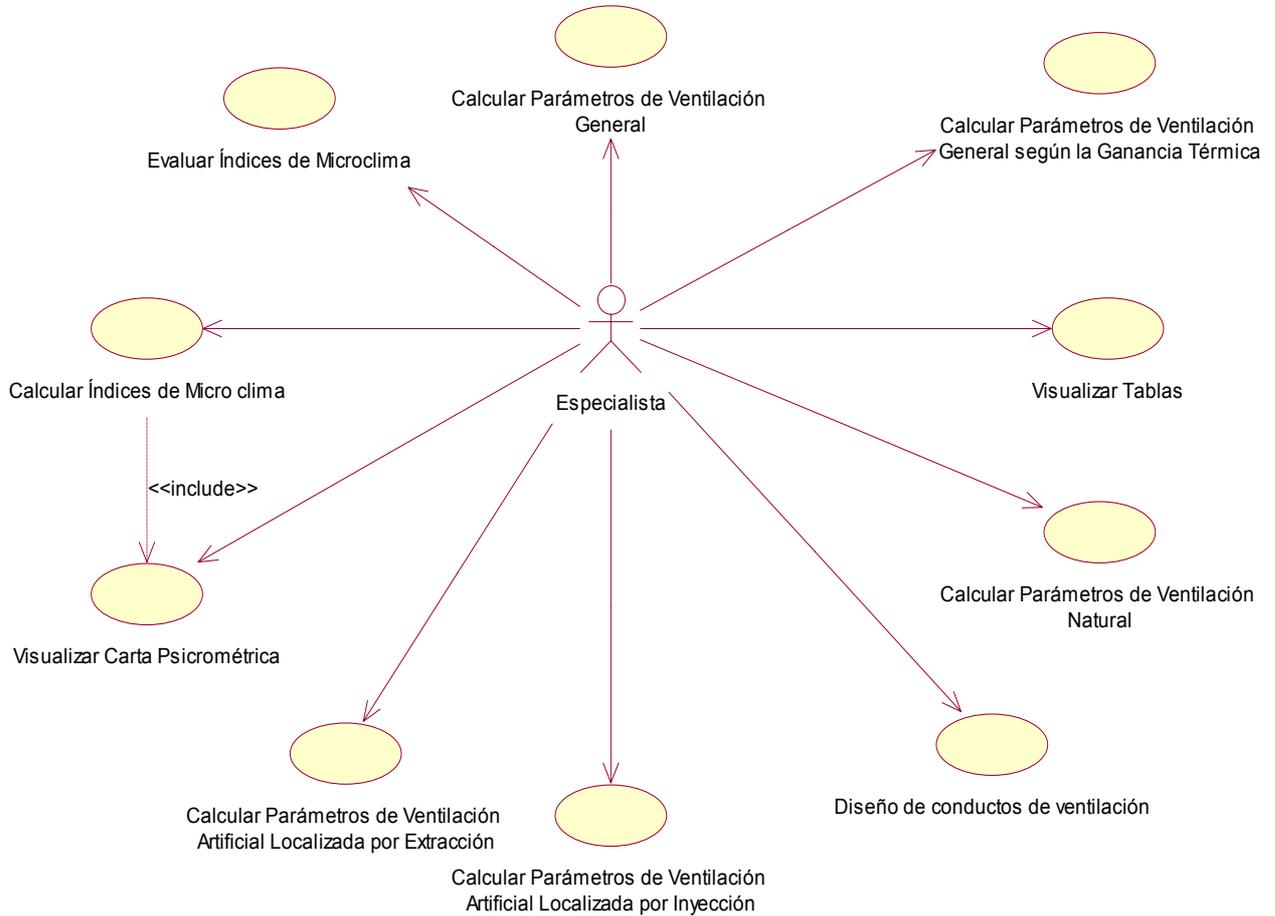


Figura. 4 Diagrama de casos de uso del sistema

2.6.3 – Descripción de los casos de uso del sistema

En el presente trabajo los casos de uso del sistema quedan representados por:

No.	Caso de uso	Descripción
1	Calcular Índices de Microclima	Anexo A1
2	Evaluar Índices de Microclima	Anexo A2
3	Calcular parámetros de ventilación general	Anexo A3
4	Calcular parámetros de ventilación general según la ganancia térmica	Anexo A4
5	Calcular parámetros de ventilación natural	Anexo A5
6	Calcular parámetros de ventilación localizada por inyección	Anexo A6

Capítulo 2: Descripción y Construcción de la solución propuesta

7	Calcular parámetros de ventilación localizada por extracción	Anexo A7
8	Diseño de conductos de ventilación	Anexo A8
9	Visualizar tablas	Anexo A9
10	Visualizar Carta Psicrométrica	Anexo A10

2.6.4 Diagrama de clases del Diseño

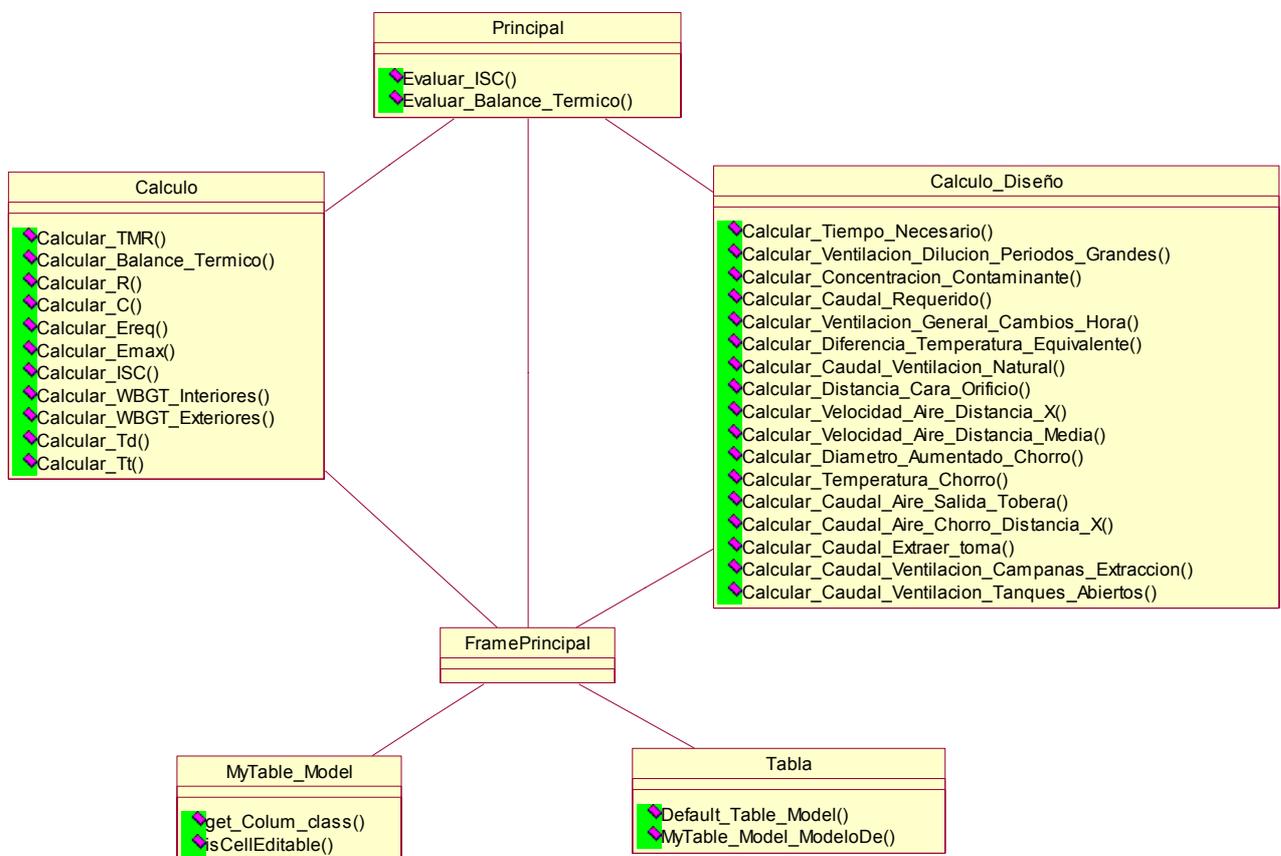


Figura. 5 Diagrama de clases del diseño

2.6.5 Diagrama de implementación

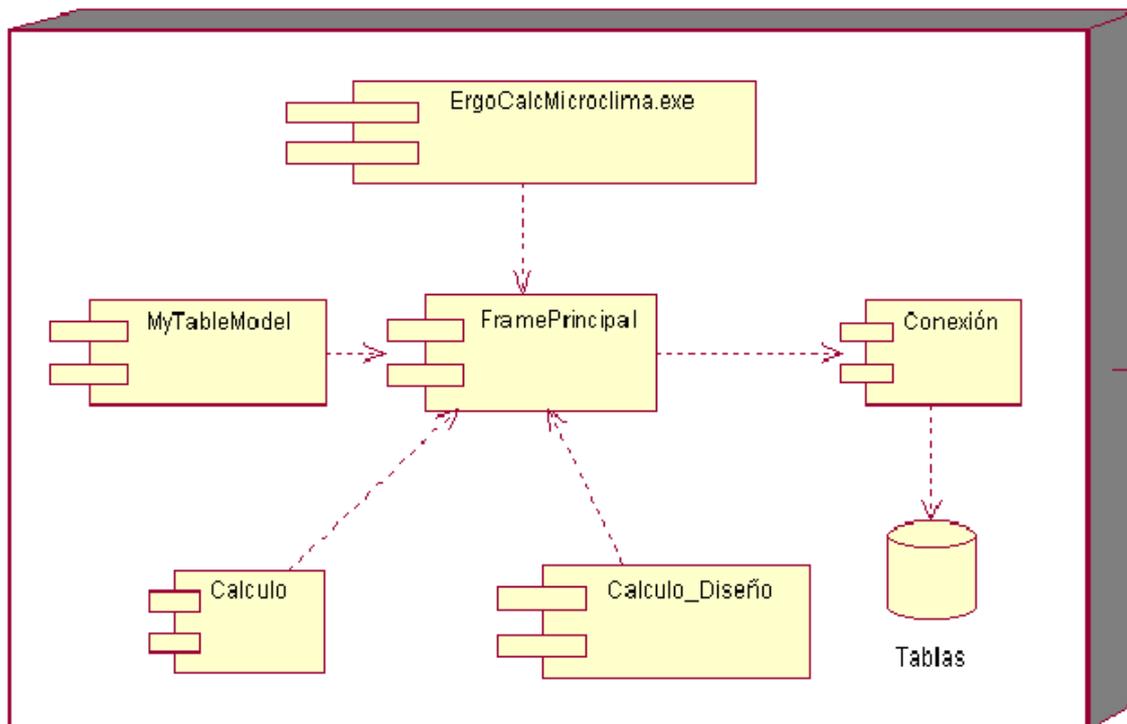


Figura. 6 Diagrama de Implementación

2.7 Conclusiones

En este capítulo se hizo una descripción del proceso que se lleva a cabo en la realización de un estudio ergonómico de clima laboral. Se identificaron los procesos del negocio y se definieron los requerimientos funcionales y no funcionales, se identificaron los actores del sistema y se hizo una descripción de los casos de uso.

Capítulo 3: Estudio de Factibilidad y validación de la solución propuesta

3.1 Introducción

En este capítulo se estima el esfuerzo humano y también el tiempo de desarrollo que se requiere para la realización de la aplicación. Para esto se utiliza el método de estimación mediante el análisis de Puntos de Casos de Uso.

3.2 Puntos de Casos de Uso

La estimación mediante el análisis de Puntos de Casos de Uso es un método propuesto originalmente por Gustav Karner de Objectory AB, y posteriormente refinado por muchos otros autores.

Se trata de un método de estimación del tiempo de desarrollo de un proyecto mediante la asignación de "pesos" a un cierto número de factores que lo afectan, para finalmente, contabilizar el tiempo total estimado para el proyecto a partir de esos factores.[14]

3.2.1 Clasificación de los casos de uso del sistema

Casos de Uso	Clasificación	Peso
Calcular índices de microclima	complejo	15
Evaluar índices de microclima	medio	10
Calcular parámetros de ventilación general	complejo	15
Calcular parámetros de ventilación general según la ganancia térmica	medio	10
Calcular parámetros de ventilación artificial localizada por inyección	complejo	15
Calcular parámetros de ventilación artificial localizada por extracción	complejo	15
Calcular parámetros de ventilación natural	medio	10

Capítulo 3: Estudio de factibilidad y validación de la solución propuesta

Diseño de conductos de ventilación	simple	5
Visualizar Tablas	simple	5
Visualizar carta psicrométrica	simple	5

Tabla. 5 Clasificación de los casos de uso del sistema

3.2.2 Clasificación de los actores

Actores	Tipo de Actor	Peso
Especialista	Complejo	3

Tabla. 6 Clasificación de los actores

3.2.3 Factor de peso de los actores sin ajustar

$$UAW = (\text{Cantidad de actores}) * \text{Peso}$$

$$UAW = 1 * 3 = 3$$

3.2.4 Factor de Peso de los Casos de Uso sin ajustar

$$UUCW = 3 * 5 + 3 * 10 + 4 * 15$$

$$UUCW = 105$$

3.2.5 Cálculo de Puntos de Casos de Uso sin ajustar.

Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$UUCP = UAW + UUCW$$

Capítulo 3: Estudio de factibilidad y validación de la solución propuesta

Donde:

UUCP: Puntos de Casos de Uso sin ajustar

UAW: Factor de Peso de los Actores sin ajustar

UUCW: Factor de Peso de los Casos de Uso sin ajustar.

$$UUCP = 3 + 105$$

$$UUCP = 108$$

3.2.6 Cálculo de Puntos de Casos de Uso ajustados

$$UCP = UUCP * TCF * EF$$

Donde:

UCP: Puntos de Casos de Uso ajustados

UUCP: Puntos de Casos de Uso sin ajustar

TCF: Factor de complejidad técnica

EF: Factor de ambiente

3.2.7 Factor de complejidad técnica (TCF)

Factor	Descripción	Peso	Valor Asignado
T1	Sistema Distribuido	2	3
T2	Objetivos de Performance o tiempo de respuesta	1	5
T3	Eficiencia del Usuario Final	1	4
T4	Procesamiento Interno Complejo	1	4
T5	El código debe ser reutilizable	1	5
T6	Facilidad de Instalación	0.5	5

Capítulo 3: Estudio de factibilidad y validación de la solución propuesta

T7	Facilidad de uso	0.5	5
T8	Portabilidad	2	3
T9	Facilidad de cambio	1	3
T10	Concurrencia	1	2
T11	Incluye objetivos especiales de seguridad	1	2
T12	Provee acceso directo a terceras partes	1	0
T13	Se requieren facilidades especiales de entrenamiento a los usuarios	1	0

Tabla. 7 Factor de complejidad técnica

Factor de Complejidad Técnica:

$$TCF = 0.6 + 0.01 * \Sigma (\text{Peso}_i * \text{Valor asignado}_i)$$

$$TCF = 0.6 + 0.01 * (6+5+4+4+5+2.5+2.5+6+3+2+2+0+0)$$

$$TCF = 0.6 + 0.01 * 42$$

$$TCF = 1.02$$

3.2.8 Factor de ambiente

Factor	Descripción	Peso	Valor Asignado
E1	Familiaridad con el modelo de proyecto utilizado	1.5	1
E2	Experiencia con la aplicación	0.5	1
E3	Experiencia en orientación a objetos	1	3
E4	Capacidad del analista líder	0.5	5
E5	Motivación	1	5
E6	Estabilidad de los requerimientos	2	3
E7	Personal part-time	-1	0
E8	Dificultad del lenguaje de programación	-1	3

Tabla. 8 Factor de ambiente

Factor de ambiente:

$$EF = 1.4 - 0.03 * \Sigma (\text{Pesoi} \times \text{Valor asignadoi})$$

$$EF = 1.4 - 0.03 * (1.5+0.5+3+2.5+5+6+0-3)$$

$$EF = 1.4 - 0.03 * 15.5$$

$$EF = 1.4 - 0.465$$

$$EF = 0.935$$

$$UCP = UUCP * TCF * EF$$

$$UCP = 108 + 1.02 + 0.935$$

$$UCP = 109.955$$

3.3 Estimación del Esfuerzo

CF: Factor de Conversión

$$CF = 20 \text{ Horas/Hombre}$$

El esfuerzo en horas-hombre viene dado por:

$$E = UCP * CF$$

Donde

E: esfuerzo estimado en horas-hombre

UCP: Puntos de Casos de Uso ajustados

CF: factor de conversión

$$E = 1099.55 * 20$$

$$E = 2199.1$$

3.4 Criterios de distribución de esfuerzo

Actividad	Porcentaje	Valor obtenido
Análisis	10 %	549.775
Diseño	20 %	1099.55
Programación	40 %	2199.1
Pruebas	15 %	824.6625
Sobrecarga (otras actividades)	15 %	824.6625
Total de horas	100%	5497.75

Tabla. 9 Criterios de distribución de esfuerzo

Duración:

Trabajando 25 días al mes y 12 horas diarias como promedio, se tiene que:

Duración (días)= Total de Horas /Hombre entre 12 horas al día
= $5497.75/12 = 458.1458$ días

Duración (meses)=Total de días /30 días por mes= $458.1458 / 25 = 18.3258 \approx 18$ meses

3.5 Determinación de los costos

Tomando como salario promedio mensual \$225.00

Costo = 18 meses * \$225.00 = **\$4050**

3.6 Beneficios tangibles e intangibles

Los beneficios obtenidos con el desarrollo del sistema permiten agilizar el proceso de realización de los cálculos que lleva implícito un estudio ergonómico de clima, reduciendo en gran medida el tiempo que lleva realizar los mismos de forma manual.

3.7 Análisis de costos y beneficios

Este sistema, como resultado del presente trabajo de diploma no representa un gasto para la universidad. Por supuesto el desarrollo de cualquier producto informático va asociado a un valor económico y su justificación está dada por los beneficios tangibles e intangibles que produce. La utilización de este sistema permitirá que se agilice el proceso de realización de los cálculos ergonómicos de clima laboral, permitiendo la obtención de resultados de manera rápida y precisa. Además de que se convierte en una herramienta para apoyar el proceso de enseñanza en la educación superior.

3.8 Validación de la solución propuesta

Para la validación de este estudio se aplicó una encuesta a Especialistas en ergonomía y estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial. Para determinar la muestra se aplicó el método de muestreo no probabilístico, muestreo intencional, siendo este de 37 estudiantes y tres profesores para un total de 40. Se utilizó la prueba de Kendall para la verificación del criterio entre los encuestados, se desarrollaron las tablas de distribución de frecuencia con el objetivo de aceptar o no la aplicabilidad del software. Los datos fueron procesados por el paquete estadístico SPSSv15.0.

Tabla#1: Test Estadístico de Kendall

Estadísticos de contraste

N		40
W de Kendall	a	,352
Chi-cuadrado		84,484
gl		6
Sig. asintót.		,000

a. Coeficiente de concordancia de Kendall

Hipótesis:

Ho: No existe aceptación de criterio entre los encuestados.

H1: Existe aceptación de criterio entre los encuestados.

Selección del nivel de significación: $\alpha=0,05$.

Regla de decisión: Rechazar Ho si el valor del nivel crítico es menor que el nivel de significación.

Decisión: Puesto que el valor del nivel crítico (0,000) es menor que 0,05. Podemos rechazar la hipótesis nula.

Conclusión: Podemos plantear que entre las puntuaciones de las variables existe asociación significativa. El coeficiente de correlación de Kendall obtenido (0,352) se puede considerar moderado para la prueba realizada al total de la muestra. Se obtuvo para el caso de los especialistas un coeficiente de (0,615), y para los estudiantes moderado (0,382).

3.9 Resultados de las entrevistas

Tabla#2: Estadísticos descriptivos.

Estadísticos

		Condiciones de confort en un ambiente térmico	Proceso de enseñanza - aprendizaje	Rapidez de los resultados	Precisión de los resultados	Uso del software	Ventajas	valorar el software
N	Válidos	40	40	40	40	40	40	40
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	0
	Moda	5	4	4	4	4	5	4
	Mínimo	4	4	3	3	4	4	3
	Máximo	5	5	5	5	5	5	5

Tabla#3: Condiciones de confort en un ambiente térmico.

Condiciones de confort en un ambiente térmico

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy Bien	19	47,5	47,5	47,5
	Excelente	21	52,5	52,5	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

Tabla#4: Proceso de enseñanza – aprendizaje.

Proceso de enseñanza - aprendizaje

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy Bien	29	72,5	72,5	72,5
	Excelente	11	27,5	27,5	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

Tabla#5: Rapidez de los resultados.

Rapidez de los resultados

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Adecuado	9	22,5	22,5	22,5
	Medianamente rápido	19	47,5	47,5	70,0
	Rápido	12	30,0	30,0	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

Tabla#6: Precisión de los resultados.

Precisión de los resultados

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Aceptable	18	45,0	45,0	45,0
	Medianamente preciso	20	50,0	50,0	95,0
	Preciso	2	5,0	5,0	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

Tabla#7: Uso del software.

Uso del software

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy Bien	21	52,5	52,5	52,5
	Excelente	19	47,5	47,5	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

Tabla#8: Ventajas.

Ventajas

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Agiliza el proceso de los cálculos	19	47,5	47,5	47,5
	Todas las ventajas	21	52,5	52,5	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

Tabla#9: Valorar el software.

valorar el software

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Bien	9	22,5	22,5	22,5
	Muy Bien	19	47,5	47,5	70,0
	Excelente	12	30,0	30,0	100,0
	Total	40	100,0	100,0	

Discusión de los resultados

Capítulo 3: Estudio de factibilidad y validación de la solución propuesta

En sentido general, según la moda, se observó un predominio de la calificación de muy bien. Específicamente las variables se comportaron de la siguiente forma:

En la variable condiciones de confort en un ambiente térmico predominó la calificación de excelente para un 52,5%.

En la variable proceso de enseñanza – aprendizaje predominó la calificación de muy bien para un 72,5%.

En la variable rapidez de los resultados predominó la calificación de medianamente rápido para un 47,5%.

En la variable precisión de los resultados predominó la calificación de medianamente preciso para un 50%.

En la variable uso del software predominó la calificación muy bien para un 52,5%.

En la variable ventajas predominó la calificación de todas las ventajas para un 52,5%.

En la variable valorar el software predominó la calificación de muy bien para un 47,5%.

3.10 – Conclusiones

Con la realización del estudio de factibilidad del producto informático se obtuvo como resultado una cantidad significativa de beneficios. El sistema contribuye de forma muy positiva en la realización de los cálculos ergonómicos de clima, ahorrando tiempo y facilitando el trabajo de los especialistas. La validación del sistema mostró resultados favorables a partir de la encuesta aplicada a los especialistas y estudiantes, donde en sentido general se obtuvo una calificación de muy bien entre los encuestados, donde el mayor por ciento de los mismos opinó que es una herramienta para el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Conclusiones

Como resultados de la presente investigación se puede concluir lo siguiente:

- Se analizó el procedimiento y la documentación necesaria para llevar a cabo el estudio ergonómico.
- Se diseñó e implementó un sistema informático que agiliza el proceso de realización de los cálculos en los estudios ergonómicos del factor clima.
- El sistema “ErgoCalc”, según la valoración de especialistas en el tema, constituye una herramienta que facilita el trabajo de los especialistas a la hora de realizar un estudio de clima, ya que:
 - La parte de Evaluación permite al especialista realizar cálculos para evaluar los índices arrojados por los equipos de medición.
 - La parte de Diseño permite realizar los cálculos relacionados con el control del clima, para los distintos tipos de ventilación que se emplean.
- Se validó el sistema utilizando la encuesta como técnica de recopilación de información, obteniéndose una muy buena aceptación del software por parte de los encuestados.

Recomendaciones

Una vez concluido el desarrollo de “ErgoCalc”: sistema informático para el factor clima en los estudios ergonómicos, se recomienda:

- Implantar este sistema informático en el Departamento de Industrial de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Cienfuegos, a partir del próximo curso escolar en septiembre de 2012.
- Identificar nuevas funcionalidades para el sistema a partir de su puesta en marcha, tomando en cuenta los criterios de los usuarios.
- Incluir el uso de reportes para una mejor comprensión del estudio.
- Desarrollar una versión mejorada del sistema a partir de los resultados obtenidos de las recomendaciones anteriores.
- Generalizar el contenido de esta investigación, utilizándola para la realización de los cálculos del factor de clima en los estudios ergonómicos, en otras universidades.
- Incorporar al sistema una ayuda, para una mejor familiarización con este.

Referencias bibliográficas

- [1] Colectivo de autores, *Ergonomía*, La Habana, 2007. Felix Varela.
- [2] «Ergonomía - EcuRed», *Ergonomía - EcuRed*. [Online]. Available: <http://www.ecured.cu/index.php/Ergonom%C3%ADa>. [Accessed: 08-jun-2012].
- [3] MSc. Briseida Blanco Alfonso, «La calidad de las diapositivas usadas como canal de la comunicación mediada por las TIC.» .
- [4] «Ambiente térmico | Ergonomía», *Ambiente térmico | Ergonomía*. [Online]. Available: <http://www.insht.es/portal/site/Ergonomia2/menuitem.8b2d6abdbe4a374bc6144a3a180311a0/?vgnnextoid=605669300a953310VgnVCM1000008130110aRCRD>. [Accessed: 08-jun-2012].
- [5] *Seguridad y salud en el trabajo*, La Habana, 2007. Félix Varela.
- [6] «UML - EcuRed», *UML - EcuRed*. [Online]. Available: <http://www.ecured.cu/index.php/UML>. [Accessed: 18-jun-2012].
- [7] «Rational Rose Enterprise Edition - EcuRed», *Rational Rose Enterprise Edition - EcuRed*. [Online]. Available: http://www.ecured.cu/index.php/Rational_Rose_Enterprise_Edition. [Accessed: 08-jun-2012].
- [8] «Microsoft Excel - EcuRed», *Microsoft Excel - EcuRed*. [Online]. Available: http://www.ecured.cu/index.php/Microsoft_Excel. [Accessed: 08-jun-2012].
- [9] «Lenguajes de programación, programación Java», *Lenguajes de programación, programación Java*. [Online]. Available: <http://www.lenguajes-de-programacion.com/programacion-java.shtml>. [Accessed: 08-jun-2012].
- [10] «NetBeans - Guía Ubuntu», *NetBeans - Guía Ubuntu*. [Online]. Available: <http://www.guia-ubuntu.org/index.php?title=NetBeans>. [Accessed: 08-jun-2012].
- [11] Laboratorio Nacional de Calidad del Software de INTECO, «Ingeniería del Software: Metodologías y Ciclos de vida». mar-2009.
- [12] «Levantamiento de requisitos», presented at the Conferencia 4, Universidad Carlos Rafael Rodríguez.

- [13] «Modelación de casos de uso del sistema», presented at the Conferencia 5, Universidad Carlos Rafael Rodríguez.
- [14] «Planificación y Estimación del proyecto utilizando COCOMO.», presented at the Conferencia 6, Universidad Carlos Rafael Rodríguez.

Bibliografía

- [1] «ABRIR ENLACE», *ABRIR ENLACE*. [Online]. Available: <http://www.istas.net/web/abreenlace.asp?idenlace=2854>. [Accessed: 08-jun-2012].
- [2] «Ambiente térmico | Ergonomía», *Ambiente térmico | Ergonomía*. [Online]. Available: <http://www.insht.es/portal/site/Ergonomia2/menuitem.8b2d6abdbe4a374bc6144a3a180311a0/?vgnextoid=605669300a953310VgnVCM1000008130110aRCRD>. [Accessed: 08-jun-2012].
- [3] «Cómo medir y gestionar el clima laboral - arearh.com», *Cómo medir y gestionar el clima laboral - arearh.com*. [Online]. Available: http://www.arearh.com/rrhh/clima_laboral.htm. [Accessed: 08-jun-2012].
- [4] «ergonautas.com - la ergonomía online», *ergonautas.com - la ergonomía online*. [Online]. Available: <http://www.ergonautas.upv.es/>. [Accessed: 08-jun-2012].
- [5] Colectivo de autores, *Ergonomía*, La Habana, 2007. Felix Varela.
- [6] «Ergonomía - EcuRed», *Ergonomía - EcuRed*. [Online]. Available: <http://www.ecured.cu/index.php/Ergonom%C3%ADa>. [Accessed: 08-jun-2012].
- [7] «Gestión Práctica de Riesgos Laborales», *Gestión Práctica de Riesgos Laborales*. [Online]. Available: <http://riesgoslaborales.wke.es/articulos/el-microclima-laboral-su-influencia-en-los-trabajadores>. [Accessed: 08-jun-2012].
- [8] Laboratorio Nacional de Calidad del Software de INTECO, «Ingeniería del Software: Metodologías y Ciclos de vida». mar-2009.
- [9] «Interfaz de programación de aplicaciones - Wikipedia, la enciclopedia libre», *Interfaz de programación de aplicaciones - Wikipedia, la enciclopedia libre*. [Online]. Available: http://es.wikipedia.org/wiki/Application_Programming_Interface. [Accessed: 08-jun-2012].
- [10] «ISTAS: Microclima: Temperatura, humedad y ventilación en los locales de trabajo», *ISTAS: Microclima: Temperatura, humedad y ventilación en los*

- locales de trabajo.* [Online]. Available: <http://www.istas.net/web/index.asp?idpagina=187>. [Accessed: 08-jun-2012].
- [11] MSc. Briseida Blanco Alfonso, «La calidad de las diapositivas usadas como canal de la comunicación mediada por las TIC.» .
- [12] «Lenguajes de programación, programación Java», *Lenguajes de programación, programación Java.* [Online]. Available: <http://www.lenguajes-de-programacion.com/programacion-java.shtml>. [Accessed: 08-jun-2012].
- [13] «Levantamiento de requisitos», presented at the Conferencia 4, Universidad Carlos Rafael Rodríguez.
- [14] «Microsoft Excel - EcuRed», *Microsoft Excel - EcuRed.* [Online]. Available: http://www.ecured.cu/index.php/Microsoft_Excel. [Accessed: 08-jun-2012].
- [15] «Modelación de casos de uso del sistema», presented at the Conferencia 5, Universidad Carlos Rafael Rodríguez.
- [16] «Modelado de Negocio y Modelo de Dominio. Actividades y artefactos relacionados con el flujo de trabajo.», presented at the Conferencia 3, Universidad Carlos Rafael Rodríguez.
- [17] «NetBeans - Guía Ubuntu», *NetBeans - Guía Ubuntu.* [Online]. Available: <http://www.guia-ubuntu.org/index.php?title=NetBeans>. [Accessed: 08-jun-2012].
- [18] «Rational Rose Enterprise Edition - EcuRed», *Rational Rose Enterprise Edition - EcuRed.* [Online]. Available: http://www.ecured.cu/index.php/Rational_Rose_Enterprise_Edition. [Accessed: 08-jun-2012].
- [19] Colectivo de autores, *Seguridad y salud en el trabajo*, La habana, 2007. Felix Varela.
- [20] «UML - EcuRed». [Online]. Available: <http://www.ecured.cu/index.php/UML>. [Accessed: 18-jun-2012].

Glosario de términos

TIC: Tecnología de la Información y las Comunicaciones.

RUP. Rational Unified Process (Proceso Unificado de Rational).

UML: Unified Modeling Language (Lenguaje Unificado de Modelado).

Anexos

Anexo A: Prototipos

Prototipo A1

Evaluación de parámetros climáticos

Introduzca los parámetros siguientes:

tg <input type="text"/> °C	<input type="button" value="Calcular TMR"/>	<input type="text"/> °C
Va <input type="text"/> m/s	<input type="button" value="Calcular R"/>	<input type="text"/> W/m ²
ts <input type="text"/> °C	<input type="button" value="Calcular C"/>	<input type="text"/> W/m ²
M <input type="text"/> W	<input type="button" value="Calcular Balance Térmico"/>	<input type="text"/> W
E <input type="text"/> W	<input type="text"/>	<input type="radio"/> Ver significado
	<input type="button" value="Calcular Ereq"/>	<input type="text"/> W/m ²
	Pva <input type="text"/> ...	<input type="button" value="Visualizar Carta Psicrométrica"/>
	<input type="button" value="Calcular Emáx"/>	<input type="text"/> W/m ²

Tiempo de trabajo y descanso

Introduzca los parámetros siguientes:

Pc <input type="text"/> kg		
Δt <input type="text"/> °C		
<input type="button" value="Calcular Tt"/>	<input type="text"/>	h
<input text"="" type="button" value="Calcular Ereq'</td><td><input type="/>	W/m ²	
<input type="button" value="Calcular Td"/>	<input type="text"/>	h

Prototipo A2

Índice de Sobrecarga Calorífica

Índice de Sobrecarga Calorífica

Ereq Emáx

%

Desea ver el significado del resultado

Índice de WBGT para interiores y exteriores

Introduzca los parámetros siguientes:

tbh	<input type="text"/>	°C	<input type="button" value="Calcular WBGT para interiores"/>	<input type="text"/>
tg	<input type="text"/>	°C	<input type="button" value="Calcular WBGT para exteriores"/>	<input type="text"/>
tbs	<input type="text"/>	°C		

Prototipo A3

Ventilación general por dilución

Introduzca los parámetros siguientes:

V m³

C1 mg/m³

C2 mg/m³

t1 h

t2 h

Caudal según cambios por hora

N

V m³

m³/h

G mg/h

C mg/m³

t h

Prototipo A4

Ventilación General Según la Ganancia Térmica

Introduzca los parámetros siguientes:

a °C

Δt_{em} °C

Δt_{es} °C

b

R_s W/m²

R_m W/m²

Techo en horas de la mañana

Techo en horas de la tarde

Muro en horas de la mañana

Muro en horas de la tarde

°C

Prototipo A5

Ventilación natural

Introduzca los parámetros del Caudal de ventilación natural

A m²

C

V m/s

m³/s

Prototipo A6

Ventilación Localizada por Inyección

Introduzca los parámetros siguientes:

W_o m/s
 a ...
 Tobera circular Tobera no circular
 D m
 X m
 T_o °C
 T_L °C
 A m²

A m²
 p m

Prototipo A7

Ventilación localizada por extracción

Introduzca los parámetros siguientes:

V_c m/s ...
 X m
 b Circular o Cuadrada
 A m² Rectangular
 m³/s

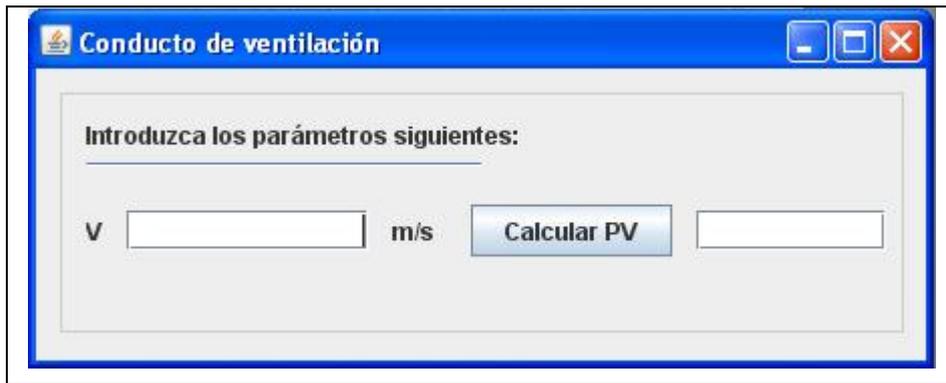
Introduzca los parámetros de la Campana de Extracción:

V m/s
 P m
 D m
 m³/s

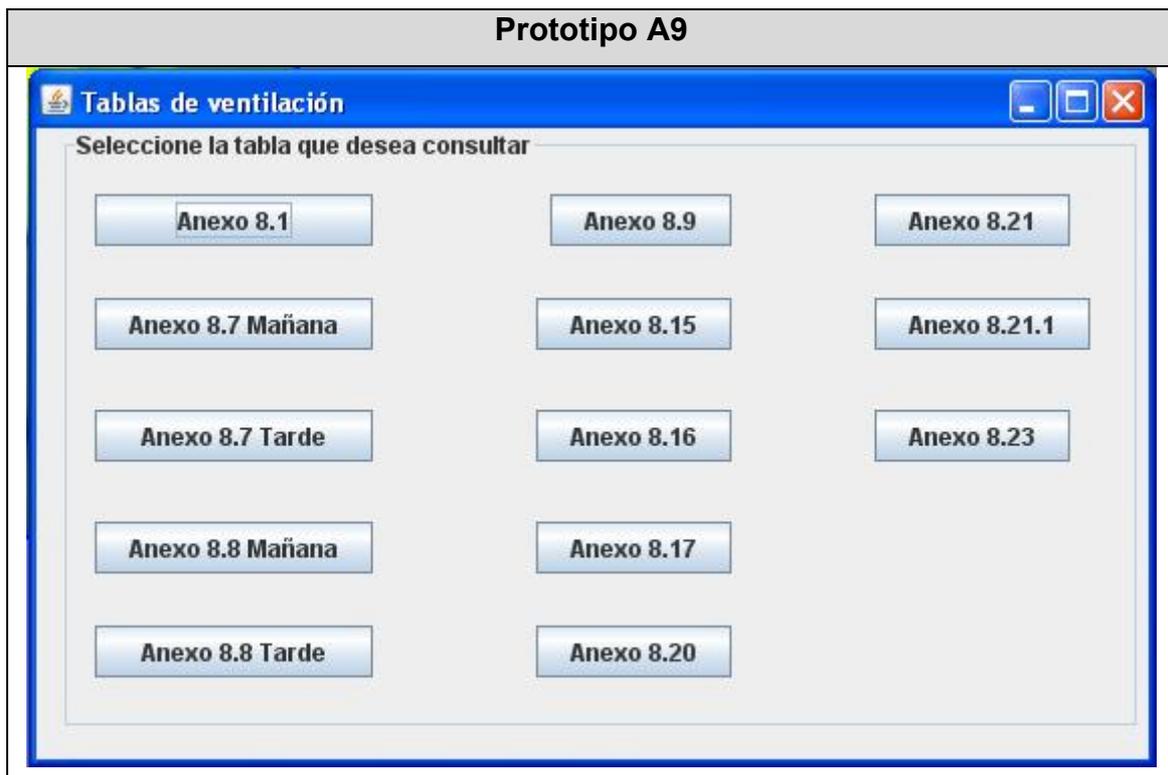
Introduzca los parámetros del Tanque Abierto:

L m
 W m
 v m/s ...
 m³/s

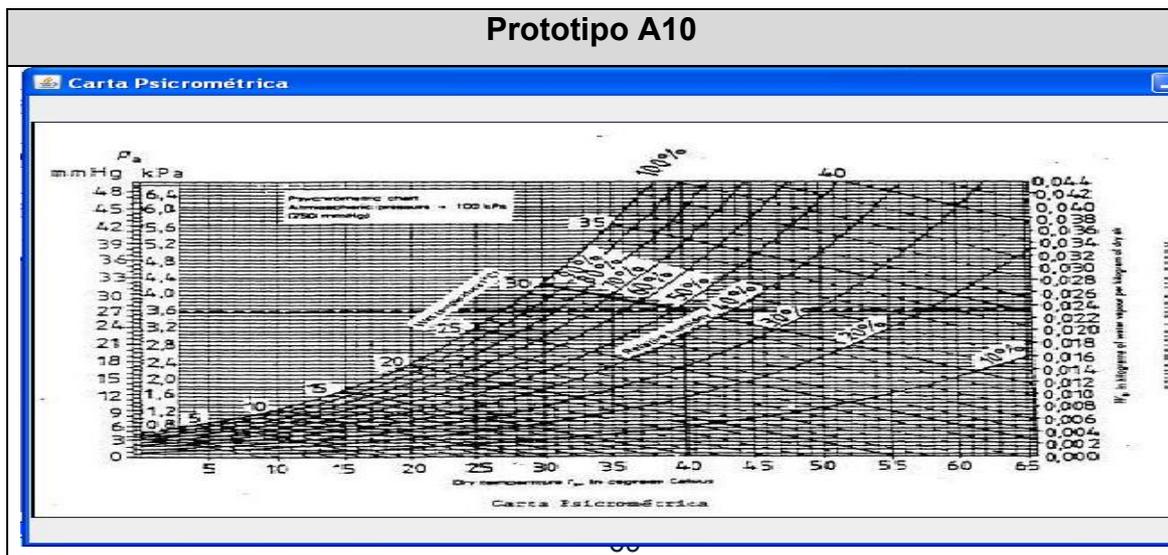
Prototipo A8



Prototipo A9



Prototipo A10



Anexo B Descripción de los casos de uso del sistema

Anexo B.1 Descripción del caso de uso de sistema: Calcular Índices de microclima.

Caso de uso	Calcular índices de microclima
Actores	Especialista (inicia)
Propósito	Obtener el valor de cada uno de los parámetros que se utilizan en la evaluación de micro clima y la duración del tiempo de trabajo y descanso.
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el especialista desea obtener los resultados de los parámetros de evaluación, así como el tiempo de descanso y duración. Para ello se llena el formulario con las variables t_g , v_a , t_s , M , E . El sistema devuelve los resultados de la TMR, R , C , E_{req} , $E_{máx}$, T_t , T_d , y el Balance Térmico con su significado. El caso de uso termina cuando se obtienen los resultados de cada uno de los parámetros de la evaluación y el tiempo de trabajo y descanso.
Referencias	R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18. Visualizar Carta Psicrométrica
Precondiciones	Deben estar llenos todos los campos del formulario.
Post-condiciones	Han sido calculados todos los parámetros de la evaluación, tiempo de trabajo y duración del período de descanso.
Prototipo	Anexo A1

Tabla 1. Descripción del caso de uso de sistema <Nombre del caso de uso>

Anexo B.2 Descripción del caso de uso de sistema: Evaluar Índices de microclima.

Caso de uso	Evaluar índices de microclima
Actores	Especialista (inicia)

Propósito	Obtener el valor del índice del WBGT para interiores y exteriores, así como el valor del ISC y su significado.
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el especialista desea obtener los resultados de los índices de evaluación WBGT para interiores y exteriores y el ISC. Para ello se llena el formulario con las variables tbs, tg, tbh, pc, variación_t. El sistema devuelve los resultados de los índices del WBGT para interiores y exteriores e ISC con su significado. El caso de uso termina cuando se obtienen los resultados de cada uno de los parámetros.
Referencias	R19, R20, R21, R22, R23, R24
Precondiciones	Deben estar llenos los campos del formulario y se debe tener un resultado para poder obtener su significado.
Post-condiciones	Han sido calculados los índices del WBGT para interiores y exteriores, así como la obtención del ISC y su significado.
Prototipo	Anexo A2

Anexo B.3 Descripción del caso de uso de sistema: Calcular parámetros de ventilación general.

Caso de uso	Calcular parámetros de ventilación general
Actores	Especialista (inicia)
Propósito	Obtener el valor de los parámetros de ventilación general
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el especialista desea obtener los resultados del Qd para sistemas de emergencias y períodos grandes, el tiempo necesario para disminuir el contaminante, el caudal requerido según los cambios por hora y la concentración del contaminante. Para ello tiene que llenar el formulario con los factores que afectan la ventilación general. El sistema devuelve los resultados de los parámetros de ventilación general. El caso de uso termina cuando se obtienen todos resultados de cada uno de los parámetros.

Referencias	R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37
Precondiciones	Deben estar llenos los campos del formulario
Post-condiciones	Han sido calculados todos los parámetros de la ventilación general.
Prototipo	Anexo A3

Anexo B.4 Descripción del caso de uso de sistema: Calcular parámetros de ventilación según la ganancia térmica.

Caso de uso	Calcular parámetros de ventilación general según la ganancia térmica
Actores	Especialista (inicia)
Propósito	Obtener el valor de la temperatura equivalente
Resumen	
El caso de uso se inicia cuando el especialista desea obtener el resultado de la temperatura equivalente. Para ello debe llenar todos los campos que tiene el formulario. El sistema devuelve el resultado de la temperatura equivalente. El caso de uso termina cuando se obtiene el resultado de la temperatura equivalente.	
Referencias	R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44
Precondiciones	Deben estar llenos todos los campos del formulario.
Post-condiciones	Ha sido calculada la temperatura equivalente
Prototipo	Anexo A4

Anexo B.5 Descripción del caso de uso de sistema: Calcular parámetros de ventilación natural.

Caso de uso	Calcular parámetros de ventilación natural
Actores	Especialista (inicia)
Propósito	Obtener el caudal de la ventilación natural
Resumen	
El caso de uso se inicia cuando el especialista desea obtener el resultado del	

caudal de ventilación natural. Para ello debe llenar todos los campos que tiene el formulario. El sistema devuelve el caudal de ventilación natural. El caso de uso termina cuando se obtiene el resultado del caudal de ventilación natural.	
Referencias	R45, R46, R47, R48
Precondiciones	Deben estar llenos todos los campos del formulario
Post-condiciones	Ha sido calculado el caudal de ventilación natural.
Prototipo	Anexo A5

Anexo B.6 Descripción del caso de uso de sistema: Calcular parámetros de ventilación localizada por inyección.

Caso de uso	Calcular parámetros de ventilación localizada por inyección
Actores	Especialista (inicia)
Propósito	Obtener el resultado de los factores de la ventilación localizada por inyección.
Resumen	
El caso de uso se inicia cuando el especialista desea obtener el resultado de los parámetros de la ventilación localizada por inyección. Para ello debe llenar todos los campos que tiene el formulario. El sistema devuelve el resultado de los parámetros de ventilación localizada por inyección. El caso de uso termina cuando se obtiene el resultado de todos los parámetros de la ventilación localizada por Inyección.	
Referencias	R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67
Precondiciones	Deben estar llenos todos los campos del formulario.
Post-condiciones	Han sido calculados los parámetros de la ventilación localizada por inyección
Prototipo	Anexo A6

Anexo B.7 Descripción del caso de uso de sistema: Calcular parámetros de ventilación localizada por extracción.

Caso de uso	Calcular parámetros de ventilación localizada por extracción
Actores	Especialista (inicia)
Propósito	Obtener el resultado de los factores de la ventilación localizada por extracción.
Resumen	
El caso de uso se inicia cuando el especialista desea obtener el resultado de los parámetros de la ventilación localizada por extracción. Para ello debe llenar todos los campos que tiene el formulario. El sistema devuelve el resultado de los parámetros de ventilación localizada por extracción. El caso de uso termina cuando se obtiene el resultado de todos los parámetros de la ventilación localizada por extracción.	
Referencias	R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79
Precondiciones	Deben estar llenos los campos del formulario.
Post-condiciones	Han sido calculados los parámetros de la ventilación localizada por extracción.
Prototipo	Anexo A7

Anexo B.8 Descripción del caso de uso de sistema: Diseño de los conductos de ventilación.

Caso de uso	Diseño de los conductos de ventilación
Actores	Especialista (inicia)
Propósito	Obtener el resultado de la presión de velocidad
Resumen	
El caso de uso se inicia cuando el especialista desea obtener el resultado de la presión de velocidad. Para ello debe introducir el valor de la velocidad. El sistema devuelve el resultado de la presión de velocidad. El caso de uso termina cuando se obtiene la presión de velocidad.	
Referencias	R80, R81
Precondiciones	Debe estar insertada la velocidad.

Post-condiciones	Ha sido calculada la presión de velocidad.
Prototipo	Anexo A8

Anexo B.9 Descripción del caso de uso de sistema: Visualizar tablas

Caso de uso	Visualizar tablas
Actores	Especialista (inicia)
Propósito	Visualizar tablas de ventilación
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el especialista desea visualizar alguna de las tablas. El caso de uso termina cuando se visualizan las tablas..
Referencias	R82
Precondiciones	Deben existir las tablas.
Post-condiciones	Han sido visualizadas las tablas.
Prototipo	Anexo A9

Anexo B.10 Descripción del caso de uso de sistema: Visualizar gráfico

Caso de uso	Visualizar gráfico
Actores	Especialista (inicia)
Propósito	Visualizar el gráfico de la carta psicrométrica.
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el especialista desea visualizar el gráfico de la carta psicrométrica. El caso de uso culmina cuando se visualiza el gráfico de la carta psicrométrica.
Referencias	R83
Precondiciones	-
Post-condiciones	-
Prototipo	Anexo A10

Anexo C: Encuesta

Encuesta sobre el Producto Informático: ErgoCalc-Clima (Sistema informático para el cálculo del factor clima en los estudios ergonómicos).

Estimado usuario la presente encuesta forma parte de la validación de un producto informático para un trabajo de diploma en la carrera Ingeniería Informática.

Muchas Gracias por su participación.

Usuario: Especialista en Ergonomía: ____ Estudiante: ____

1.- Utilidad del Producto Informático:

a.- Para evaluar las condiciones de confort en un ambiente acústico:

Muy Buena: ____ Buena: ____ Regular: ____ Mala: ____

b.- Para apoyar en el proceso de enseñanza – aprendizaje en la Educación Superior.

Muy Buena: ____ Buena: ____ Regular: ____ Mala: ____

2.- Relacionado con la rapidez y precisión de los resultados:

a.- Sobre la rapidez de los resultados:

Rápido: ____ Medianamente rápido: ____ Adecuado: ____

Lento: ____

b.- Sobre la precisión de los resultados:

Precisos: ____ Medianamente precisos: ____ Satisfactorio: ____

Imprecisos: ____

3.- En cuanto a uso:

a.- Fácil de usar.

Excelente: ____ Muy Buena: ____ Buena: ____ Regular: ____ Mala: ____

4.- En que radican las ventajas:

a.- Herramienta que agiliza el proceso de los cálculos en los estudios ergonómicos para el factor de ruido ____

b.- Rápida obtención de resultados_____

c.- En la Facilidad de uso y ayuda_____

d.- Todas las anteriores_____

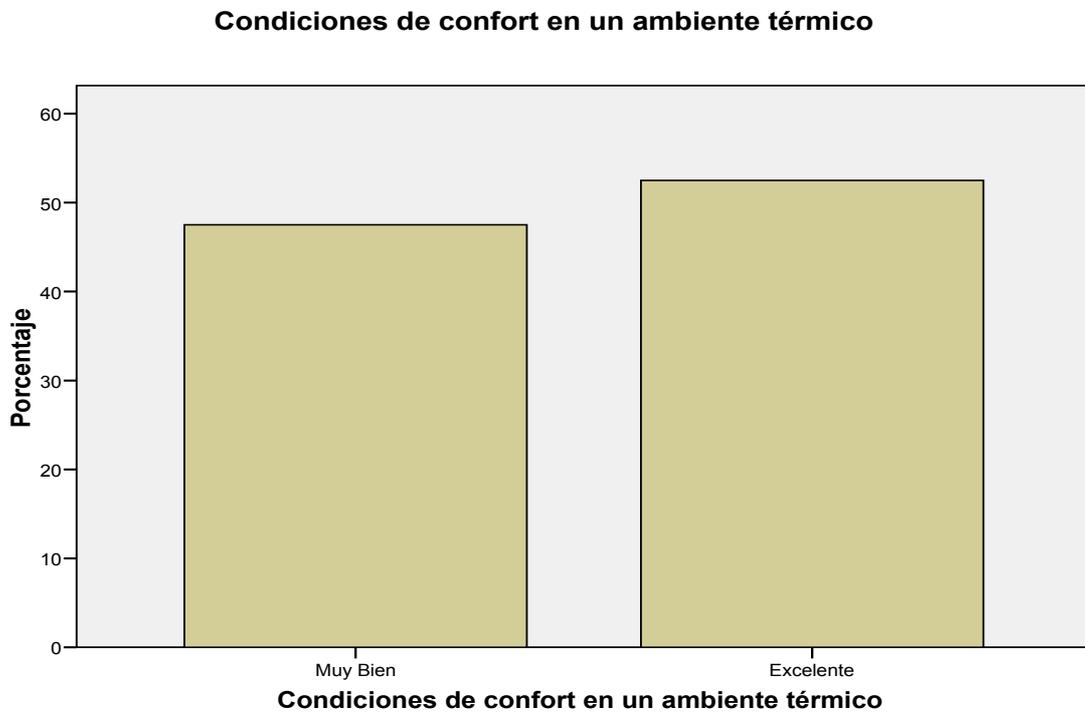
e.- Ninguna_____

5.- Si usted lo fuera a valorar en una escala de 5, cuántos puntos le daría al Sistema_____

6.- Algún comentario al respecto:

Anexo D: Resultados de la encuesta

Anexo D1: Para evaluar las condiciones de confort en un ambiente térmico.

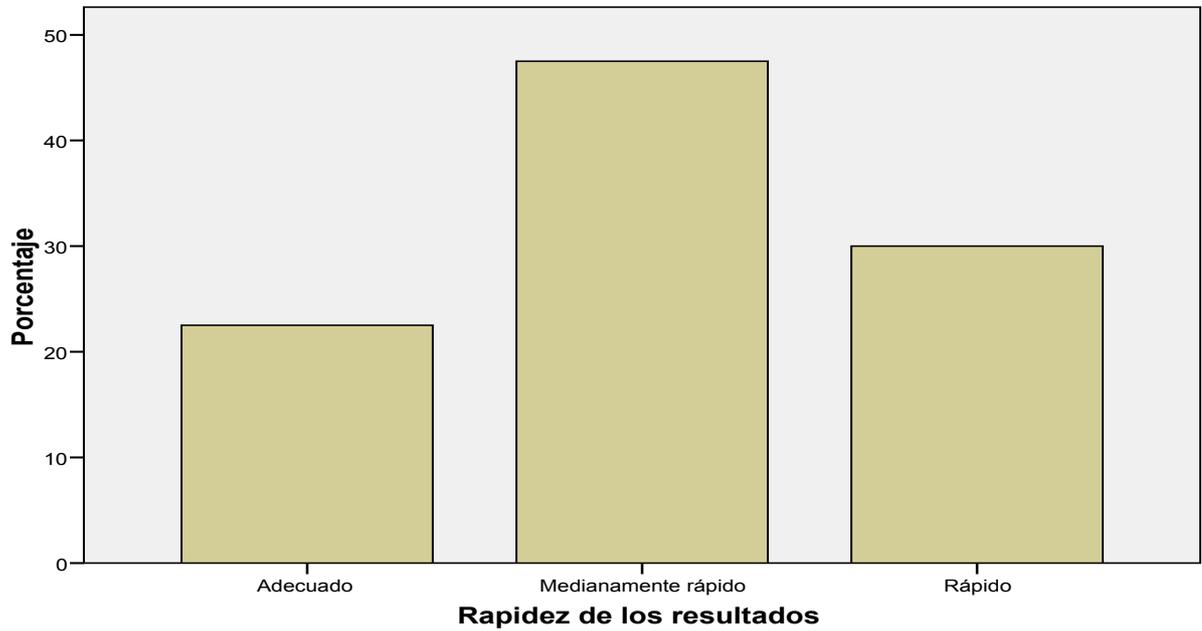


Anexo D2: Como herramienta para apoyar el proceso de enseñanza aprendizaje



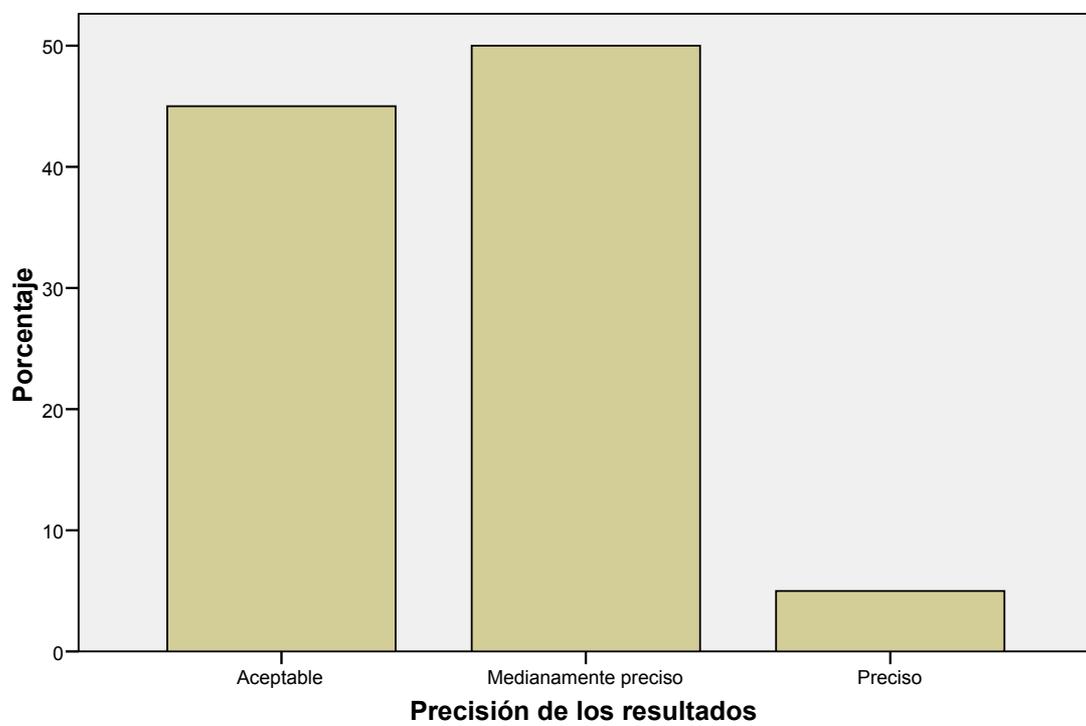
Anexo D3: Rapidez para obtener los resultados

Rapidez de los resultados

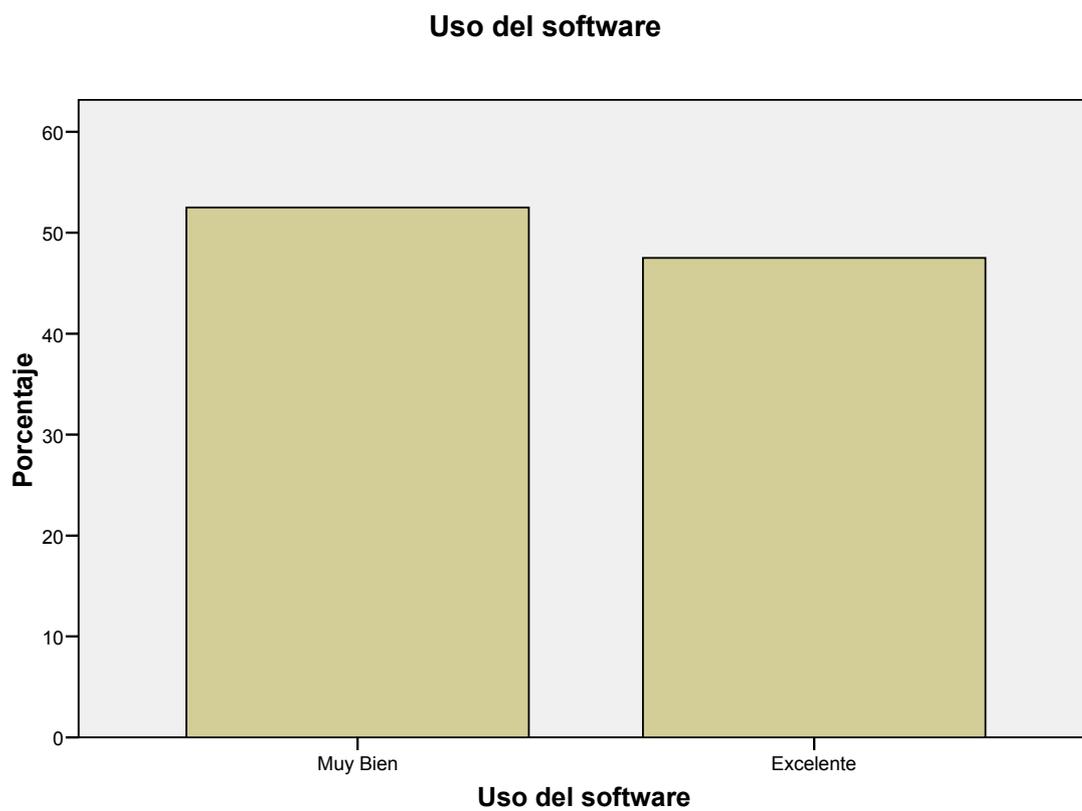


Anexo D4: Precisión de los resultados

Precisión de los resultados

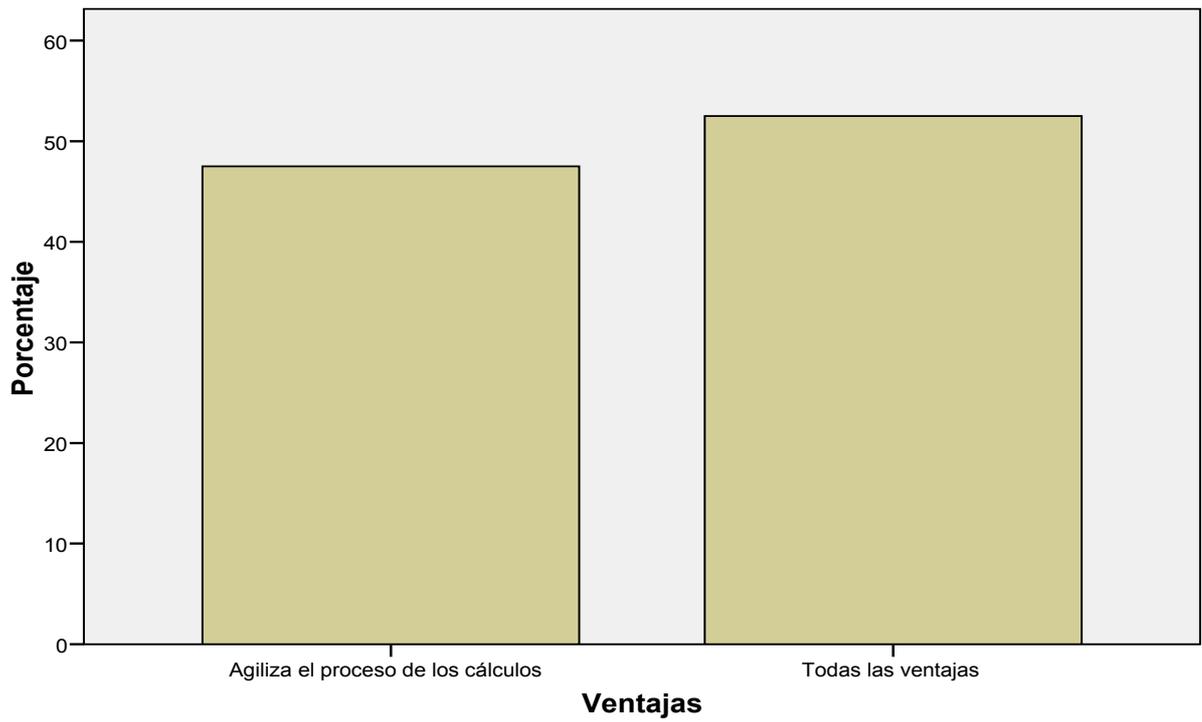


Anexo D5: Uso del software



Anexo D6: Ventajas del software

Ventajas



Anexo D7: Valoración del software

valorar el software

