

UNIVERSIDAD
ICESI

**MODELO DE INTERACCIÓN PARA
TRABAJADORES AGRÍCOLAS
EXPUESTOS A
ESTRÉS TÉRMICO NOCIVO.**

PROYECTO DE GRADO

JUAN JOSÉ RENDÓN ARBELAEZ
JUAN SEBASTIÁN REINA ESTUPIÑÁN

Asesores de investigación
JUAN JIMÉNEZ
CARLOS ANDRÉS DIAZ

UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
DISEÑO DE MEDIOS INTERACTIVOS
SANTIAGO DE CALI
2018



Protérmico

Modelo de interacción para
trabajadores agrícolas expuestos a
estrés térmico nocivo.

Proyecto de grado II

Juan Sebastián Reina
Juan José Rendón

Tutores: Juan Jiménez
Carlos Andrés Díaz

DMI



1. Planteamiento del problema	3
2. Pregunta de investigación	4
3. Objetivos	4
3.1. Objetivo general.	4
3.2. Objetivos específicos.	4
4. Justificación	5
5. Hipótesis	6
6. Cronograma	7
7. Presupuesto	7
8. Categorías conceptuales	8
9. Marco de referencia	8
9.1. Estrés Térmico en labores con medios calurosos.	8
9.1.1. Consecuencias del estrés térmico.	8
9.1.2. Sintomatología por estrés térmico.	9
9.1.3. Factores que intervienen en el estrés térmico.	10
9.1.4. Variables Implicadas con el estrés térmico.	10
9.2. Framework de Interacción.	11
9.2.1. Estructura General de Interacción.	11
9.2.2. Traducciones principales en la interacción.	11
9.2.3. Objetivos globales del framework.	12
9.3. Las TCI.	12
9.3.1. Impacto de las TIC en el sector rural.	13
9.3.2. Grado de apropiación de las TIC en área rural.	13
10. Conclusiones del marco de referencia	14
11. Estado del arte	15
11.1. Proyecto #1.	15
11.2. Proyecto #2.	17
11.3. Proyecto #3.	18
11.4. Conclusiones del estado del arte.	21
12. Trabajo de campo	21
12.1. Metodología.	21
12.2. Behavioral Mapping.	21
12.3. Anotaciones.	21
12.4. Sub-método individual-centered.	21
12.5. Sub-método place-centered.	21
12.6. Registro fotográfico.	22
12.7. Entrevista.	22
12.8. Resultados.	22
13. Determinantes de diseño	24
13.1. Determinantes Teóricas:	24
13.2. Determinantes Técnicas.	25
13.3. Determinantes Usuario-Contexto.	27



Contenido

14. Modelo de interacción para el control de estrés térmico	28
14.1. Estructura.	29
14.2. Flujo de variables y procesamiento.	31
14.3. Ejemplo de Aplicabilidad.	35
15. Propuestas iniciales de diseño	36
15.1. Propuesta A.	36
15.2. Propuesta B.	36
15.3. Propuesta C.	37
15.4. Selección de propuesta inicial.	38
16. Prototipo	39
16.1. Metodología.	39
16.2. Ciclo interactivo.	40
16.3. Resultados Prototipo.	42
17. Propuesta Final – Protermico	45
17.1. Unidad Mínima Viable.	45
17.2. Viabilidad.	51
18. Conclusiones	54
19. Referencias	55
20. Anexos	58
20.1. Anexo A:	58
20.2. Anexo B:	58

Proyecto de grado II.

Diseño de medios interactivos.

Universidad Icesi.

Mayo de 2018.



1. Planteamiento del problema

Colombia se encuentra en un periodo en donde las temperaturas están aumentando en distintas zonas del país. Muestra de ello son los casos de ciudades como Bucaramanga, Popayán, Medellín, Pereira, Cúcuta, Ibagué, Neiva y Cali, las cuales registraron aumentos de temperatura entre 3 y 5 °C (VIVIR, 2017). Esta ola de calor se ha presentado como la más fuerte en los últimos 50 años, en donde lugares como Puerto Salgar y Natagaima alcanzaron temperaturas extremas de 45 y 44 °C respectivamente. Frente a estos grandes cambios, uno de los sectores más afectados llega a ser la agricultura, debido a la disminución de cosechas por las temperaturas extremas y las condiciones laborales intensas ocasionadas por el calor.

Este incremento de temperatura no solo se ve en Colombia sino en el resto del mundo, ya que la continua emisión de gases invernadero a nivel mundial provenientes de la quema de combustible fósil para movilizar la humanidad empeoran esta situación. En este contexto mundial, Colombia pasa a ser una víctima ya que solo produce 0,37 por ciento de las emisiones globales (HERRERA, 2015).

Además, con respecto a otros países, Colombia presenta altos niveles de radiación UV (ultravioleta) provenientes de su principal fuente, el sol. Esto se debe a que se encuentra en la zona ecuatorial, la cual tienen la mayor incidencia de este tipo de radiación (IDEAM, 2017). Muestra de esta problemática, es que la cifra de afectación por rayos UV para 2020 puede superar los 100 casos por cada 100 mil habitantes (MINSALUD, 2014). Ante ello, se debe considerar que, el cáncer de piel y otras afectaciones como quemaduras, envejecimiento prematuro de la piel y manchas son muy frecuentes en aquellas personas que trabajan al aire libre, especialmente los trabajadores agropecuarios debido a que pasan tiempos

prolongados expuestos al sol, en donde llegan a recibir aproximadamente un 80% más de radiación UV al año en comparación con aquellas que trabajan bajo techo (Elpais.com.co y Colprensa, 2016).

Bajo estas condiciones laborales, los agricultores en su día a día, pueden verse afectados por ciertas enfermedades relacionadas con el calor, en donde el cuerpo al no poder perder suficiente calor para regular el producido por el trabajo físico y el de fuentes externas como lo es estar al aire libre, empieza a manifestar una sintomatología que afecta progresivamente el estado de salud del trabajador (FISO.org, 2014). La insolación o el agotamiento por calor son producto de esta afectación, la temperatura corporal llega a alcanzar los 40 °C y el cuerpo comienza a perder gran cantidad de líquido empeorando la salud. Por otro lado, vivir en un área rural, aumenta la afectación por rayos UV (Sánchez & Nova, 2013). Con respecto a otros países, Colombia presenta un desconocimiento y trato erróneo a este problema.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede deducir que la población rural agropecuaria, posee niveles de exposición térmica y ultravioleta más altos, debido a su condición laboral al tener que trabajar en la mayoría de los casos al aire libre, durante el día y en jornadas continuas, lo que incrementa considerablemente el impacto de las temperaturas extremas y la radiación UV en su estado de salud (Elpais.com.co y Colprensa, 2016). Por ejemplo, en el Valle del Cauca, las zonas agrícolas de caña, piña y cultivos de té presentan una oscilación de temperatura de 30°C. Ante esto, los trabajadores en estos cultivos desarrollan sus actividades con ropa que les cubre la mayoría de su cuerpo para reducir el impacto de los rayos solares; sin embargo, al protegerse de los rayos solares no evitan por otro lado la



afectación de estrés térmico que se puede presentar debido a las altas temperaturas del ambiente y a la temperatura que se genera al llevar ropa que concentra calor en sus materiales, lo que genera una afectación progresiva o inmediata al estado de salud del agricultor.

Con lo anterior es posible evidenciar la existencia de una problemática que puede ser intervenida desde múltiples lugares, por lo que es pertinente indagar sobre esta y construir posibles alternativas que permitan mejorar las condiciones por las cuales se ven afectados estos trabajadores. Para este propósito, se seleccionó un grupo de agricultores de Cilantro Cimarrón con los que se llevó a cabo la investigación sobre las variables alrededor del estrés térmico. Este grupo fue seleccionado buscando el cumplimiento de condiciones específicas de niveles de temperatura durante horas laborales y duración de jornadas de trabajo. El objetivo final con este grupo es poder llevar a cabo la implementación de la solución propuesta a lo largo de la investigación para mostrar su aplicación y sus resultados

2. Pregunta de investigación

¿Cómo los medios interactivos pueden aportar al diseño de una solución que reduzca los riesgos de salud por estrés térmico, en los recolectores de cilantro cimarrón que trabajan bajo exposición solar nociva en Dagua, Valle del Cauca?

3. Objetivos

3.1. Objetivo general.

Proponer desde los medios interactivos una alternativa de solución que permita reducir los riesgos de salud en la realización de labores con índices de exposición térmica nociva, en personas que trabajan como recolectores de cilantro cimarrón en Dagua, Valle del Cauca.

3.2. Objetivos específicos.

1. Conocer qué soluciones se han propuesto con anterioridad para el control y prevención, que factores fueron trabajados en estas y qué efectos tuvieron sobre la problemática.
2. Distinguir de qué manera impacta el estrés térmico en los recolectores de cimarrón.
3. Entender cómo los trabajadores de cilantro cimarrón perciben y comprenden el impacto de las altas temperaturas y exposición solar nociva en el día a día de sus labores.
4. Identificar las variables físicas y ambientales relacionadas con el estrés térmico en los recolectores de cimarrón.
5. Analizar los procesos de trabajo empleados para llevar a cabo la recolección.
6. Sintetizar y aplicar los resultados obtenidos para generar alternativas de control y prevención que trabajen de la mano con los factores que producen el estrés térmico en el grupo objetivo.



4. Justificación

Para empezar, es pertinente precisar que los rayos solares alcanzan su mayor pico entre las 10 a.m y 3 p.m lo que aumenta la temperatura ambiente y la radiación UV, afectando en mayor medida a quienes realizan actividades al aire libre, que para el caso de la investigación solo se tendrá en cuenta el sector agropecuario que reside en el área rural. Estas jornadas de trabajo llegan a producir quemaduras, manchas oscuras (manchas de envejecimiento), envejecimiento prematuro de la piel, aumenta el riesgo de cataratas y distintos tipos de cáncer de piel (American Cancer Society, 2017). Lo que le cuesta al Sistema General de Seguridad Social en Salud un estimado de \$300 millones de dólares anuales solo en la problemática con relación a la piel (MINSALUD, 2014). Además, el ser humano debe tener una temperatura constante de 37 °C aproximadamente en sus órganos centrales y cerebro, "ya que su organismo no tolera variaciones considerables sin ocasionar efectos nocivos en el cerebro, hígado, sistema vascular, riñones, y en general en todos sus órganos internos" (Sierra Moreno & Velásquez Vallejo, 2013, p.14). Esta temperatura se ve afectada con las altas temperaturas presentando el estrés térmico, el cual se define como:

La presión que se ejerce sobre la persona al estar expuesto a temperaturas extremas y que, a igualdad de valores de temperatura, humedad y velocidad del aire, presenta para cada persona una respuesta distinta dependiendo de la susceptibilidad del individuo y su aclimatación. (Sierra Moreno & Velásquez Vallejo, 2013, p.20)

Este estrés se traduce en acumulación de calor en el cuerpo del trabajador, resultado de las distintas interacciones de este con el ambiente, su ropa y la actividad física que realiza. Siendo una de las principales causas de diversos efectos que deterioran la salud. De igual manera el cuerpo

humano, posee ciertos mecanismos biológicos que le permiten regular su temperatura, en donde la sangre que es bombeada por el corazón pasa más cercanamente por las capas superiores de la piel para poder liberar el calor excesivo con una temperatura ambiente más fresca, al igual que las glándulas de transpiración modifican la cantidad de líquido que desprenden por la piel. Sin embargo, cuando la temperatura ambiente se acerca a la temperatura normal de la piel, el enfriamiento del cuerpo se complica (Geosalud, 2015).

El organismo al no poder dejar de perder calor llevando la sangre a la superficie puede llegar a presentar insolación, en donde la piel de la persona se encuentra muy caliente y su temperatura corporal llega a alcanzar los 40 °C o más. Provocando que la piel se ponga colorada y seca, desorientación, desmayos o convulsiones en situaciones extremas. También se ve el agotamiento por calor, causado por perder grandes cantidades de líquido y sal producto de la transpiración. El trabajador empieza a experimentar un cansancio extremo, mareo, náusea, o dolor de cabeza (Geosalud, 2015).

Realizar labores al aire libre supone una circunstancia de peligro alta en el desarrollo de problemas de salud, adicionalmente, el vivir en un área rural es un factor de riesgo importante (Sánchez & Nova, 2013). Debido al aumento de radiación UV en estas zonas. Según el 3er Censo Nacional Agropecuario de 2014, Colombia posee alrededor de 725.000 productores en el campo residentes (DANE, 2016), lo que viene a suponer una cantidad significativa de personas. Adicionalmente a los riesgos de exposición solar, en comparación a países como Estados Unidos, los productos de protección solar en Colombia son tratados como productos cosméticos y no como medicamentos de venta libre suponiendo un desconocimiento y

trato erróneo a la problemática del cuidado de la piel en el país (Tabares, 2017).

Es así como lo mencionado da cuenta de la pertinencia de integrar formas de comunicación que trabajen de la mano con los medios interactivos, proponiendo una alternativa que mejore los mecanismos por los cuales se comunica y alerta sobre el impacto del estrés térmico y la radiación productos de la exposición solar que facilite la toma de acción por parte del usuario, centrados en las poblaciones más vulnerables del país como lo son aquellos que viven en sectores rurales y desempeñan actividades agropecuarias. Esto con el fin de reducir el impacto que tiene esta problemática en los sistemas de salud del país y mejorar de manera integral la calidad de vida y trabajo de aquellos que se ven perjudicados por esta.

5. Hipótesis

Si se regula la exposición térmica del recolector en sus labores de recolección frente a las variables térmicas ambientales que influyen en el estrés térmico, es posible mantener los niveles de confort térmico estables a lo largo del día y a su vez reducir el tiempo de exposición al calor dando como resultado la disminución de riesgos para la salud provocados por el estrés térmicos a corto y largo plazo.



6. Cronograma

Enlace de cronograma para ver en detalle:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1-qgS-haCC5WChBO9rxqcGO-dDT8dHUMXS7crB97Dohj68/edit?usp=sharing>

Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9
Definición de componentes electrónicos.			Construcción de prototipo.	Programación de los componentes electrónicos y pruebas de usuario.				Compra de sensores y componentes restantes.
Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18
Integración de componentes faltantes.	Desarrollo de aplicación móvil para controlar el prototipo.			Diseño y desarrollo del aspecto visual del prototipo.			Presentación FINAL	

7. Presupuesto

Enlace de presupuesto para ver en detalle:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1-qgS-haCC5WChBO9rxqcGO-dDT8dHUMXS7crB97Dohj68/edit?usp=sharing>

PRESUPUESTO			
Actividades Principales	Actividades Derivadas con Costo	Características del Costo	Costo (\$)
Desarrollo de Prototipo	Compra de componentes electronicos/otros	Sensor SHT15	\$142.900
		Caja de almacenamiento	\$17.900
		Modulo Buzzer	\$25.000
		Transporte	\$9.000
	Construcción de prototipo.	Circuito	\$20.000
Materiales		\$80.000	
Testeo de Prototipo	Pruebas de usuario	Souvenirs	\$15.000
		Transporte	\$20.000
		Papelería	\$5.000
Presentación Final	Adecuación entorno	Papelería	\$15.000
		Utilería	\$30.000
TOTAL			\$379.800

8. Categorías conceptuales

1-Estrés Térmico en labores con entornos calurosos.

- *Consecuencias del estrés térmico.
- *Riesgos por estrés térmico.
- *Factores que intervienen en el estrés térmico.
- *Variables Implicadas con el estrés térmico.

2-Framework de Interacción.

- *Estructura general de interacción.
- *Traducciones principales en la interacción.
- *Objetivos globales del framework.

3-Las TIC.

- *Impacto de las TIC en el sector rural.
- *Grado de apropiación de las TIC en área rural.

9. Marco de referencia

9.1. Estrés Térmico en labores con medios calurosos.

El calor es un factor que puede generar que las labores de trabajo se tornen incómodas o agobiantes, en especial cuando el aire no corre y la humedad ambiental es alta. Los trabajos que requieren importante esfuerzo físico y producen bastante calor son los más vulnerables, ya que las condiciones de trabajo pueden ocasionar situaciones de riesgo para la salud y la seguridad de los trabajadores, mucho más altas. Además, el calor representa un peligro inminente debido a que el cuerpo humano, debe mantener su temperatura central alrededor de los 37 °C para trabajar con normalidad, pero al superar esta temperatura, se empiezan a producir afectaciones en la salud del individuo (Labordeta, 2011).

De acuerdo con lo anterior se llega al estrés térmico, que representa “la carga de calor que los

trabajadores reciben y acumulan en su cuerpo resultado de la interacción entre las condiciones ambientales del lugar de trabajo, la actividad física que se realiza y la ropa que se lleva” (Labordeta, 2011, p.6). Este estrés térmico no es un efecto derivado del calor, sino que es la causa de aquellos efectos que se producen al acumular calor excesivo en el cuerpo. En el proceso de regulación del exceso de calor, el cuerpo humano pone en funcionamiento los mecanismos de termorregulación en donde su centro se encuentra en el hipotálamo. El trabajador empieza el proceso de sudoración gracias a las glándulas de transpiración, aquí el sudor de la piel se evapora ocasionando que la piel se enfríe. Por otro lado, la sangre aumenta su flujo hacia la zona más externa del cuerpo, la piel, llevando el calor interno del cuerpo hacia el exterior para poder enfriarse con la temperatura externa, aumentando el volumen sanguíneo y la frecuencia cardiaca (Labordeta, 2011).

9.1.1. Consecuencias del estrés térmico.

Según Sierra Moreno & Velásquez Vallejo (2013) autores de “Métodos de valoración de la exposición a temperaturas extremas”, las consecuencias del estrés térmico se llegan a dar a corto plazo por medio de efectos agudos y a largo plazo con consecuencias crónicas. En donde ambos casos llevan al empeoramiento de la salud tanto física como mental del trabajador/a. Allí se destacan 2 tipos de respuestas:

*Respuestas mentales: irritación, ira, agresividad, cambios de humor y depresión

*Respuestas físicas: aumento de frecuencia cardiaca, sudoración, desbalance en nivel de agua y sal en el cuerpo, modificación del flujo sanguíneo en la piel.

A partir de lo anterior también surgen conse-

cuencias combinadas de manera física y mental como:

* baja eficiencia en tareas con alto esfuerzo físico, es decir, aquellas en donde el trabajador usa casi todo su cuerpo para trabajar, y al estar forzado por las condiciones ambientales, ocasiona que este desarrolle las tareas de manera lenta o cometiendo errores durante el proceso de ejecución de la misma debido a la disminución de la concentración.

*Aparición constante de fatiga al momento de desempeñar el trabajo.

(Sierra Moreno & Velásquez Vallejo, 2013).

9.1.2. Sintomatología por estrés térmico.

Los síntomas presentados por estrés térmico varían desde casos menos graves como erupciones en la piel o desmayos, hasta unos más graves que pueden incluso ser mortales como los golpes de calor. Para profundizar un poco más al respecto, a continuación, se desglosarán los síntomas por estrés por calor:

*Deshidratación: la sudoración es uno de los mecanismos principales para regular la temperatura y se manifiesta especialmente en ambientes calurosos. Bajo estas circunstancias se llega fácilmente a niveles peligrosos, pues si la pérdida de peso corporal por sudoración es mayor al 10% se llega a una deshidratación peligrosa. Esta situación produce en el trabajador sed, fatiga, irritabilidad, dolores de cabeza, náuseas y mareos, y en casos más graves se inhibe la producción de orina. Al percibirse estos síntomas, es de vital importancia que se reemplace el agua y las sales perdidas, se recomienda beber agua cada 15 o 20 minutos para nivelar adecuadamente dicha pérdida.

*Síncope por calor (desmayo): esto se debe a una caída en la presión arterial cuando se permanece

un tiempo prolongado de pie en zonas calurosas. También se puede ocasionar cuando se realiza el cambio repentino de estar sentado a estar de pie. Para recuperarse de estos eventos, basta con reposar algunos minutos en posición invertida.

*Alteraciones en la piel: la sudoración también puede afectar la piel en donde las zonas que han sido quemadas por el sol se tornan más sensibles. Esto produce erupciones que generan picazón al momento de sudar, y empeora cuando la zona donde se labora es húmeda o cuando la ropa protectora no permite evaporar el sudor adecuadamente.

*Calambres producto del calor: en la mayoría de los casos ocurren al trabajar en situaciones extremas de calor. Producido por la reducción de sales en la sangre que termina afectando al músculo. Este cambio en las sales se da en:

-Trabajadores que no poseen la debida aclimatación y que expulsan muchas sales por medio del sudor. Al no reemplazar las sales con una dieta pertinente en los días iniciales del trabajo, se producen los calambres.

-Personas que beben grandes cantidades de agua durante las actividades, pero no sustituyen las sales perdidas con bebidas isotónicas o por medio de la dieta.

Los calambres se producen tanto en horas de trabajo como fuera de este, y se alivia con descanso y una dieta con buenos niveles de sales.

*Agotamiento por calor: es uno de los factores más graves por estrés térmico. Desencadenado por la pérdida de sales y fluidos corporales. Generado por factores como:

-Los vasos sanguíneos se dilatan, lo que disminuye la capacidad del sistema circulatorio, la actividad física y digestivas, o los mecanismos para regular el calor.



-El volumen de la sangre disminuye por la deshidratación, lo que genera acumulación de líquidos en la parte inferior del cuerpo, dilatación de vasos y reducción de sales.

*Golpe de calor: aunque es el menos común posee una tasa de mortalidad alta, al no tratarse rápida y adecuadamente. Genera una disrupción en el sistema nervioso central, en él se evidencian los siguientes síntomas:

-Convulsiones.

-Coma.

-Pupilas dilatadas.

-El afectado llega a tener una temperatura superior a 41 °C.

-Piel muy caliente y seca.

Este golpe de calor llega a ocurrir de repente, sin embargo, también suelen aparecer situaciones de alerta que indican que se va a producir como: irritabilidad, debilidad, confusión, interrupción de sudoración. Para la prevención de esta situación lo recomendable es la aclimatación del trabajador en altas temperaturas, además se deben tener en cuenta las condiciones de cada individuo como: edad, estado de salud y físico, raza (tipo de piel) y género (Sierra Moreno & Velásquez Vallejo, 2013).

9.1.3. Factores que intervienen en el estrés térmico.

Se pueden encontrar ciertos factores que determinan en menor o mayor medida el grado de confort térmico del ambiente, los cuales son:

*Temperatura del aire: se puede estimar que el confort térmico se encuentra entre las temperaturas de 10 y 35 °C, dependiendo de la actividad que se esté realizando.

*Humedad relativa del aire: la humedad elevada disminuye la capacidad de expulsar calor por evaporación. Por otro lado, los ambientes secos se relacionan con problemas de sequedad e irritación de mucosa.

*Corrientes de aire: suponen una situación incómoda al centrarse en determinadas zonas del cuerpo, además de secar el ambiente.

*Vestimenta: actúan como aisladores térmicos.

*Metabolismo de trabajo: por medio de la estimación del consumo metabólico, se determina la producción metabólica de calor del individuo que está realizando el trabajo, para posteriormente conocer el índice de descanso necesario para llegar de nuevo a un equilibrio térmico (SUÁREZ, 2010).

9.1.4. Variables Implicadas con el estrés térmico.

*Calor por convección (Temperatura de bulbo seco): calentamiento gradual del aire a una fuente de calor.

*Calor radiante: (Temperatura de Globo): generado por la radiación infrarroja de una fuente de calor.

*Calor por conducción: es el intercambio de calor entre 2 cuerpos o más. Depende de las temperaturas de los cuerpos.

*Humedad del aire: se refiere a la cantidad de agua en el aire.

*Calor metabólico: los procesos energéticos a nivel celular y las actividades del organismo dan como resultado energía calórica (SUÁREZ, 2010).

*Índice de temperatura de globo de bulbo húmedo (W.B.G.T): se utiliza cuando determinada situación presenta riesgo de estrés térmico. Permitiendo tomar medidas preventivas y de acción

ante esta situación. El índice proviene del cálculo de la temperatura húmeda, temperatura seca y temperatura de globo (Mendoza, 1993).

9.2. Framework de Interacción.

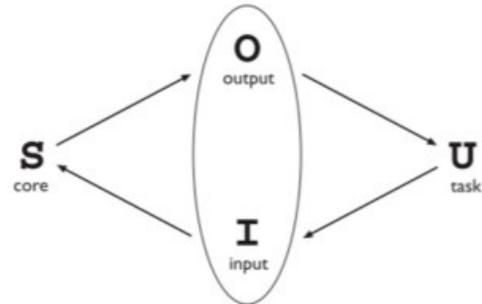
En el campo de interacción humana con maquinaria o dispositivos interactivos, suele ser complejo en ocasiones cuantificar estas relaciones. Por ello, para dar estructura a este proceso se suelen usar los frameworks de interacción (Valverde, 2011). Valverde (2011) define un framework como: "La estructura que provee un contexto para conceptualizar algo. Los frameworks presentan una vista global de una interacción. Además, los frameworks ayudan a identificar las áreas problemáticas dentro del diseño" (p.11).

9.2.1. Estructura General de Interacción.

Dix, Finlay, Abowd, & Beale (2004) en Human-Computer Interaction, profundizan sobre la estructura del framework de interacción. Este se compone por 4 pasos formando el ciclo interactivo entre el usuario y el sistema, cada uno de estos corresponde al desplazamiento de un componente a otro.

Este ciclo comienza con el Usuario (User) en sí, en donde se formula el objetivo y la tarea para lograr dicho objetivo. El Usuario solo puede manipular el sistema con el que interactúa a través de la Entrada (Input), por lo que la tarea planteada debe guardar una relación con el lenguaje de entrada. Este lenguaje de entrada es traducido al lenguaje principal o central, a manera de operaciones que serán realizadas por el Sistema. Posteriormente, el sistema se transforma así mismo tal como es descrito por las operaciones previamente recibidas; en este punto, la fase de ejecución del ciclo se completa para darle paso a la fase de evaluación. Para este momento, el Sistema se encuentra en un nuevo estado, el cual debe ser comunicado al Usuario. Los valores actuales de los atributos del Sistema son renderizados a manera de conceptos o características en la Sa-

lida (Output). Depende entonces del Usuario, observar la Salida y evaluar los resultados de esta interacción referentes al objetivo inicial, dando por finalizada la fase de evaluación y, por ende, el ciclo interactivo (Dix et al., 2004).



The general interaction framework (Dix et al., 2004).

9.2.2. Traducciones principales en la interacción.

En la fase del ciclo interactivo, se ven involucradas 4 traducciones principales llamadas: articulación, realización, presentación y observación.

La formulación del Usuario de la tarea deseada para lograr el objetivo necesita articularse en el lenguaje de entrada. Las tareas son respuestas provenientes del Usuario y estas necesitan ser traducidas a estímulos para la Entrada. Como se mencionó anteriormente, dicha articulación es juzgada a partir de la cobertura de tareas para la entrada y de la relativa facilidad con la que la traducción pueda ser realizada. La tarea es expresada como ciertos atributos psicológicos que resaltan las características importantes del dominio por el Usuario. Si estos atributos psicológicos se distribuyen de manera clara en el lenguaje de entrada, entonces la articulación de la tarea va a ser realizada de manera más simple (Dix et al., 2004).

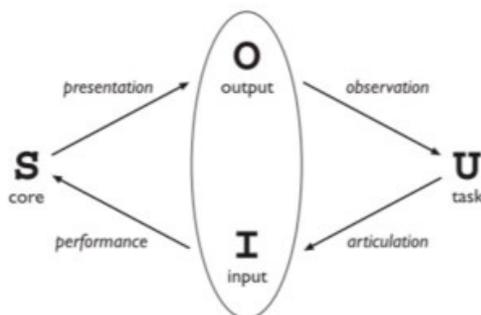
Acto seguido, las respuestas obtenidas a través de la Entrada son traducidas a estímulos interpretables para el Sistema. Al obtener esta traducción se evalúa si el idioma de entrada traducido



puede llegar o alcanzar tantos estados del sistema como sea posible usando los estímulos del Sistema directamente. La sencillez con la cual la traducción de la Entrada al Sistema toma lugar tiene menos importancia, ya que el esfuerzo para llevarlo a cabo no es consumido por el usuario. Sin embargo, en ese proceso puede existir un esfuerzo importante dedicado por el diseñador y el programador. Por ello, la facilidad de implementación se da en términos de costo de implementación (Dix et al., 2004).

Luego de que transición de estado ocurra en el Sistema, se completa la fase de ejecución de la interacción y la fase de evaluación comienza. Este nuevo estado debe ser comunicado al Usuario, y este comienza traduciendo las respuestas del Sistema a la traducción de estímulos para el componente de Salida. Esta traducción de la presentación debe guardar aquellos atributos del sistema relevantes del dominio en la limitada capacidad de los dispositivos de Salida. La facultad para obtener los conceptos de dominio del Sistema dentro de la Salida es una cuestión de capacidad para esta traducción (Dix et al., 2004).

En último lugar, el usuario deberá interpretar y evaluar la salida que ha ocurrido. La respuesta ocasionada por la Salida se traduce en estímulos para el Usuario ejecutando una evaluación. La traducción de la observación va a direccionar la sencillez y la cobertura de esta traducción final (Dix et al., 2004).



Translations between components (Dix et al., 2004)

9.2.3. Objetivos globales del framework.

Con base en lo anterior, Valverde (2011) ubica el framework de interacción como: "La comprensión de la interacción que no se encuentra restringida a sistemas electrónicos de computadora. Identifica todos los componentes principales involucrados en la interacción y permite una evaluación comparativa de los sistemas" (p.12).

Este framework asume que tanto el usuario como el sistema poseen su propio y único lenguaje, por lo que la interacción posibilita la traducción entre estos distintos lenguajes. Si la interacción presenta problemas, esto se debe a que en el proceso de traducción se presentó algún conflicto entre los lenguajes del usuario y el sistema (Valverde, 2011).

Por otro lado, el framework exhibe la forma como las intenciones de los usuarios se convierten en acciones o detonantes al nivel de interfaz. Posteriormente esas acciones se traducen a alteraciones del estado del sistema. En donde esas alteraciones son reflejadas a manera de estímulos en la salida de visualización que por último es analizada e interpretada por el usuario (Valverde, 2011).

9.3. Las TCI.

Castañeda (citado por Díaz Lazo & Pérez Gutiérrez, Adriana Bacallao, 2011) define las TIC como:

El resultado de las posibilidades creadas por la humanidad en torno a la digitalización de datos, productos, servicios y procesos y de su transportación a través de diferentes medios, a grandes distancias y en pequeños intervalos de tiempo, de forma confiable, y con relación costo-beneficio nunca antes alcanzadas por el hombre. (p.82)

Resulta adecuado entonces, abordar la manera como el sector rural muy ligado al sector agrícola se involucra e interactúa con las TIC, obteniendo

un punto de referencia para el proyecto de investigación, permitiendo identificar las relaciones de las tecnologías de la información y la comunicación con este sector, dando la posibilidad de encontrar datos y relaciones útiles aplicables al proyecto.

9.3.1. Impacto de las TIC en el sector rural.

Atuesta Venegas (2005) nos muestra el impacto de las TIC a través de un Centro Tecnológico Comunitario en el sector rural. Identifica que las comunidades se organizan entorno a estos centros con recursos tecnológicos y comprenden la importancia de participar en sus propios procesos de desarrollo, pudiéndose evidenciar en situaciones como el apoyo mutuo y responsabilidad local.

Estas agrupaciones de individuos expresan interés y se preocupan por participar en el desarrollo de su comunidad, sin depender del Estado o de agentes externos que intervengan para solucionar sus problemas, permitiendo a la persona buscar vías de desarrollo para él y su familia. El beneficio del Centro Tecnológico Comunitario se ve representado en el fortalecimiento de las relaciones entre padres e hijos y abre nuevas posibilidades a padres con bajo nivel educativo, permitiéndoles guiar y fomentar la educación de sus hijos (Atuesta Venegas, 2005).

La comunidad tiene presente que, a pesar de tener conocimientos básicos a nivel tecnológico, es indispensable seguir aprendiendo e informándose, debido a que las TIC son un medio sumamente cambiante.

Las TIC se convierten entonces en un agente movilizador que:

*Mejora las relaciones intrafamiliares debido a que se accede a las TIC de manera grupal y en familia.

*Logra establecer conexiones entre los sectores educativos, productivos y familiares de la comunidad.

*Permite establecer estructuras de interacción entre los integrantes de la comunidad.

*Direcciona e informa sobre los procesos de gestión que la comunidad tiene internamente.

*Fomenta la apropiación local de las TIC, evidenciando un sentido de pertenencia hacia el uso de estas para resolver problemas o necesidades específicas.

(Atuesta Venegas, 2005)

9.3.2. Grado de apropiación de las TIC en área rural.

Delgado, Arrieta, & Riveros (2009) concluyen ciertas consideraciones en cuanto a la incorporación de las TIC en las comunidades y de qué manera son utilizadas en entornos especialmente educativos. Estas son:

*Permiten crear entornos educativos que motiven y retan la obtención de conocimiento. Supone una herramienta importante para los involucrados en el sistema educativo.

*Los docentes, deben conocer la influencia, consecuencias e implicaciones bajo determinadas situaciones educativas, para utilizar las TIC de forma óptima y eficiente.

*Las TIC no solucionan todos los problemas educativos, para poder aplicarse se deben contextualizar bajo un entorno pedagógico estructurado, que tenga en cuenta los distintos factores involucrados en el proceso educativo.

*El uso de las TIC apoya el mejoramiento del proceso y la calidad de enseñanza, aprovechando en mayor medida el tiempo libre de aquellos que toman el rol de estudiantes al involucrarse en un

aprendizaje activo y consciente. Ofreciendo la facultad de aprender fuera del salón de clases, casi en cualquier lugar y a un ritmo propio.

*El docente debe estar en capacidad de guiar al estudiante, para inculcar valores de aprendizaje, haciendo uso de los medios y recursos que ofrecen las TIC, para una construcción de conocimiento consciente que mejore el nivel crítico posibilitando el entendimiento y la toma de decisiones frente a la información consultada.

(Delgado et al., 2009)

10. Conclusiones del marco de referencia

Podemos concluir entonces, que la afectación del estrés térmico es un tema que golpea de manera indiferente al trabajador que desempeña sus labores bajo el sol. Este llega a ver su salud deteriorada y sus capacidades físicas se ven forzadas casi hasta el límite, lo que genera un desarrollo laboral riesgoso y un nivel de confort bajo.

Con esto, la intervención de esta problemática en el proyecto se encuentra encaminada al desarrollo de una propuesta integral, que sea capaz de abordar las variables del estrés térmico en múltiples entornos de aplicación. Para ello, es necesario desarrollar un modelo (framework) de interacción que permita crear una visión general de la situación y con la segmentación de los principales elementos, desarrollar un ciclo interactivo sistema-agricultor que se adapte a distintos entornos y responda a la mutabilidad de las variables intervenidas.

Las temáticas tratadas en conjunto aportan una visión completa hacia las alternativas de solución planteadas en el proyecto, ya que permite desarrollar un sistema que interactúa con el usuario de acuerdo con sus condiciones físicas, el entorno con el que se relaciona y a su destreza frente a los medios de comunicación e informa-

ción. Generando una alternativa incluyente adecuada específicamente para múltiples entornos de trabajo agrícola propensos al estrés térmico.



11. Estado del arte

11.1. Proyecto #1.

Nombre del Proyecto:

Plataforma de arquitectura sensorial para monitorización IN SITU del confort térmico en ambientes rurales

Fecha: 2012

Autores:

Otavio Andre Chase, José Felipe Sousa de Almeida, Jorge Roberto Brito de Souza, Carlos Tavares da Costa Junior

Lugar:

Federal University of Pará, Institute of Technology. Belém, PA, Brasil

Objetivo:

Desarrollar una plataforma para monitorear las condiciones térmicas, basadas en tecnologías de medición IN SITU para ambientes rurales.

Descripción:

Esta investigación presenta una plataforma sensorial IN SITU desarrollada utilizando sensores de temperatura de aire y humedad relativa en un ecosistema con el fin de obtener características de los ambientes rurales. Contiene un sistema capaz de detectar comportamientos de variables ambientales que pueden ser de riesgo o no para la salud de las personas y los animales. Para ello, el sistema analiza las condiciones de un espacio rural en la Universidad UFRA utilizando el índice THI calculados a partir de la temperatura y la humedad (Chase, Sousa De Almeida, Brito De Souza, & Tavares Da Costa Junior, 2014).

Metodología:

Este proyecto buscaba desarrollar una plataforma sensorial para el estudio del confort térmico de un área rural, para esto, se determinó el índice y valores necesarios para su cálculo. Se puede

decir que utilizar algo similar al modelo Dominio de un sistema IOT (Internet of things) para determinar los requerimientos de software y hardware necesarios para obtener y procesar los datos recogidos utilizando el índice THI (índice de temperatura y humedad).

Las pruebas se realizaron en un área rural cerca de la Universidad UFRA en las horas más calurosas del día, entre las 9am – 3pm, también se seleccionó meses del año críticos respecto a cambios climáticos, entre mayo y octubre. Todo lo anterior, para cumplir con unas condiciones y características puntuales de estudio. Además, se utilizó una escala de confort para personas y otra para animales basados en el índice THI con el fin de determinar niveles normales o peligrosos (Chase et al., 2014).

Características técnicas:

La plataforma de sensores trabaja con las variables obtenidas, analiza de la temperatura y luego distribuye estos resultados en términos del índice THI (índice de temperatura y humedad) para posteriormente comunicarse con el dispositivo del investigador y enviar los datos. La arquitectura estaba basada en el modelo de flujo de datos. El dispositivo incluye un sensor de 14 bits digital SHT75 de alta precisión para medir la temperatura y la humedad. También, utiliza un módulo Zigbee lo que le permite transmitir la información a través de una conexión inalámbrica. Por otro lado, la plataforma posee un sistema de alimentación (baterías) independiente convirtiéndolo en un sistema autónomo. Finalmente, este trabaja con un sistema embebido (computador micro) que se encarga de conectar los sensores y recibir los datos, procesar la información utilizando las reglas de medición establecidas y posteriormente enviarla al investigador, este microcomputador es el sistema de mando central (Chase et al., 2014).

Resultados:

En 2012, el promedio de temperatura y humedad

fue de 27,93 C (82,27 F) y 81,78% respectivamente. La temperatura y humedad relativa medidas en esta área de la universidad demostró ser ligeramente mayor entre los de meses de mayo y octubre (28 C y 79,19%), el confort termal fue considerado peor durante estos meses.

Después de procesar los datos de temperatura y humedad del año 2012, los resultados caracterizan: los meses enero-mayo y noviembre-diciembre con el mejor confort térmico, por el contrario, junio, julio, septiembre y octubre el con menor confort térmico. Un cierto grado de malestar térmico ocurrió durante todos los meses del año, tanto para animales como para trabajadores rurales. Sin embargo, junio y octubre fueron los de más alta inconformidad térmica por el aumento de temperatura y la disminución de la humedad relativa debido a la precipitación. Es decir, el riesgo es mayor para animales y trabajadores durante estos meses (Chase et al., 2014).

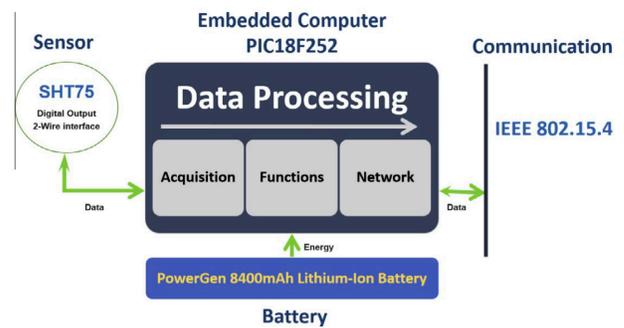
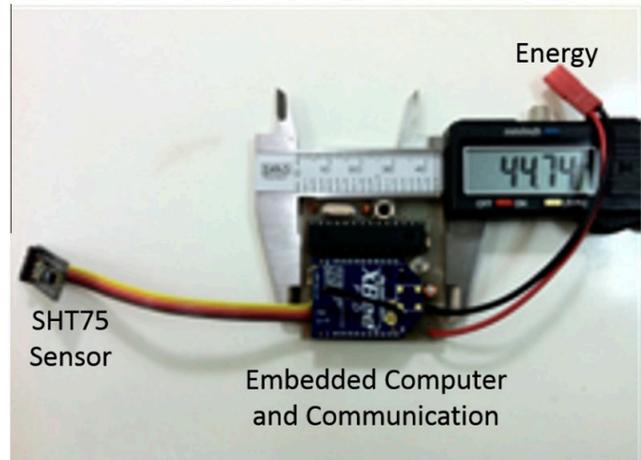
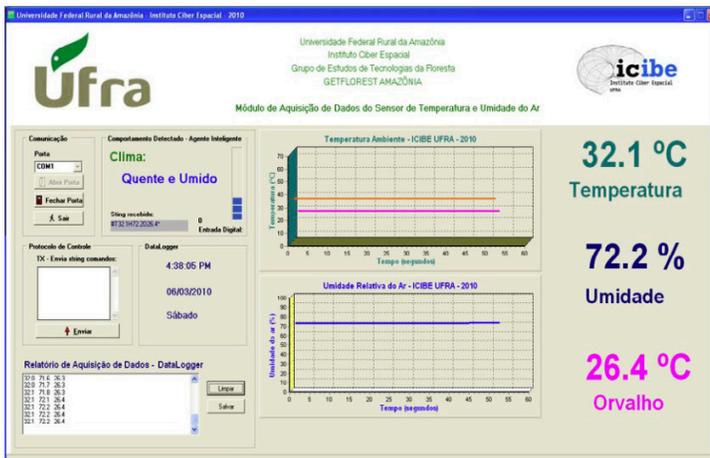


Fig. 3. The sensory platform architecture.

Imágenes:



¿Cómo aporta a mi proyecto?

Este proyecto aporta a nuestro proyecto en:

El marco del estrés térmico, ya que utiliza una escala para medir niveles normales o peligrosos de confort térmico en un área rural lo que en nuestro proyecto tiene relación al estrés que presenta un trabajador agropecuario. Debido a que es muy complejo calcular el estrés térmico de cada individuo, lo que se puede hacer es determinar a través del índice THI unos valores normales o de peligros en el ambiente para las personas.

También, en el marco de TIC. Proporciona un modelo de estructura para desarrollar un sistema IOT que nos sirve como referencia para determinar que dispositivos y capas de conexión pueden ser utilizados para la recolección de datos. Además de los parámetros utilizados en la escala de confort junto con las reglas necesarios para que el sistema pueda determinar los niveles de alerta y poder dar una retroalimentación.

11.2. Proyecto #2.

Nombre del Proyecto:

Vestimenta con sistema de refrigeración para ayudar a la regulación del núcleo de temperatura corporal

Fecha: Septiembre de 2013

Autores:

Jefry Z. Lopes, William J. Williams, Devin D. Richard, Logen M. Johnson, Mansour Zenouzi and Douglas E. Dow

Lugar:

Federal University of Pará, Institute of Technology. Belém, PA, Brasil

Objetivo:

Desarrollar un sistema que ayuda a regular la temperatura corporal en personas con problemas en los sistemas termorreguladores del cuerpo.

Descripción:

Este proyecto desarrolló un prototipo de un modelo reducido (10: 1) de un sistema de enfriamiento en un chaleco. Los sensores de la temperatura del cuerpo central serían utilizados por un módulo del microcontrolador para regular la perfusión del agua dentro de un chaleco de enfriamiento. El agua es bombeada de un depósito, incorporado en el chaleco, y posteriormente regresa al embalse. Un refrigerador termoeléctrico (dispositivo Peltier) transfiere el calor entre el agua en el depósito y el aire atmosférico (Dow et al., 2013).

Metodología:

Para este proyecto se determinó cuál es el sistema encargado de la termorregulación, qué factores se producen en el cuerpo y que mecanismos de alerta se presentan en el organismo cuando es necesario regular la temperatura corporal. Una vez definidas estas variables se seleccionó puntos críticos del cuerpo como las axilas para utilizar las alertas que aquí se producen y poner el sistema en funcionamiento.

Luego, en el proceso de desarrollo se realizó un diagrama para un sistema de enfriamiento, se estableció el flujo de agua a través del depósito, chale y bomba. Se utilizó un peluche para realizar las pruebas a escala y luego analizar el funcionamiento de sistema cuando se presentará aumento de temperatura (Dow et al., 2013).

Características técnicas:

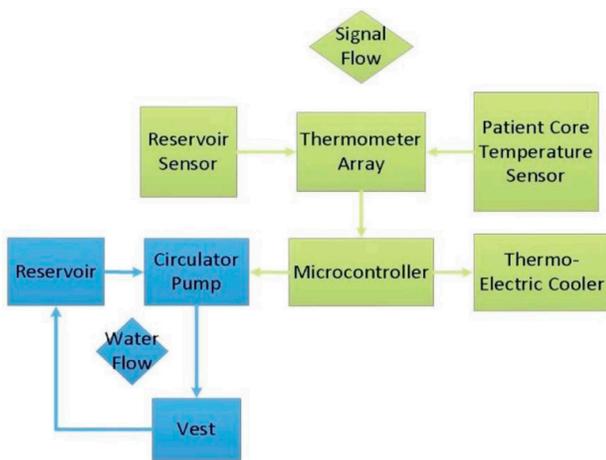
En el modelo del prototipo se desarrolló un sistema en una escala de 10:1, el calor se transfiere del cuerpo al aire bombeando agua entre el chaleco que lleva sobre el área del pecho en un depósito. El sistema utiliza un microcontrolador que se encarga de monitorear la temperatura corporal y así tomar acción para regular los niveles altos, en caso de que el sistema no consigue regular la temperatura lanza una alerta para tomar medidas de respuesta. Se utilizó un peluche como modelo y en se introdujo solución salina dentro del cuerpo para simular los fluidos corporales y

esta fue calentada previamente por encima de los 37 grados centígrados.

Resultados:

Se realizaron varias pruebas de 4 minutos de duración para medir el nivel de enfriamiento de la solución salina con y sin el chaleco. Se concluyó que sin el chaleco la solución salina disminuye en promedio 2 grados centígrados, por el contrario, utilizando el chaleco se lograba una disminución de hasta 8 grados centígrados (Dow et al., 2013).

Imágenes



¿Cómo aporta a mi proyecto?

Este proyecto aporta a nuestro proyecto en:

El marco de TIC debido a que proporciona un modelo para el desarrollo de un sistema que se adapta a las condiciones físicas de un individuo que sirve como referencias de qué dispositivos pueden ser utilizados en la recolección de datos y muestra que sectores del cuerpo se pueden utilizar para obtener señales de estados corporal. Por otro lado, este prototipo incluye un componente multimedia debido a que incorpora un mecanismo de información y alerta para el usuario, este componente gestiona automáticamente el funcionamiento para la regulación de la temperatura y dado el caso en que esta no disminuye avisa a la persona o a su cuidador sobre la alta temperatura para tomar respuesta.

11.3. Proyecto #3.

Nombre del Proyecto:

Aplicación de redes de sensores inalámbricos para el monitoreo y detección de patrones térmicos en colmenas

Fecha: 2015

Autores:

Douglas S. Kridi, Carlos Giovanni N. de Carvalho, Danielo G. Gomes

Lugar:

Regiones del norte en Brasil

Objetivo:

Desarrollar un sistema de control y monitoreo de los niveles de exposición térmica en los panales de abejas para estudiar los factores que provocan la fuga de abejas.

Descripción:

Las abejas tienen mecanismo de termorregulación para estabilizar la temperatura en las colmenas, sin embargo, cuando estos procesos no funcionan las abejas dejan las colmenas, en algunos casos mueren y esto está provocando una

diminución importante de la producción y calidad de miel. En este proyecto se propuso un seguimiento proactivo de las colmenas utilizando una red de sensores inalámbricos que detecta los aumentos atípicos de temperatura. Con los patrones obtenidos de la toma de datos diarios se puede desarrollar mecanismo para detectar los aumentos de temperatura dentro de las colmenas (Kridi, de Carvalho, & Gomes, 2016).

Metodología:

Los gráficos de temperaturas mostraban un sinusoidal que podía sufrir pequeñas variaciones según el clima. Por lo tanto, se propuso un seguimiento proactivo para identificar el patrón de temperaturas medido por los sensores dentro y fuera de la colmena de acuerdo con las expectativas. La solución sugerida es detectar inestabilidades en el microclima y, al mismo tiempo, ahorrar energía al reducir los datos enviados al receptor, que recibe todos los datos de los nodos y los envía a través de la red (Kridi et al., 2016).

Luego, se utilizaron algunos conjuntos de datos de lecturas como una base de datos de formación. Estos fueron necesarios para descubrir los patrones térmicos y hacer comparaciones con datos recogidos por sensores de campo. Estos conjuntos de datos contienen temperaturas diarias alrededor del año 2012 y 2013. Con la obtención de los datos recolectados se hizo la búsqueda de patrones en los cambios de temperatura (Kridi et al., 2016).

Características técnicas:

Para el estudio se utilizó dos colmenas con la misma cantidad de abejas y en cada una se incorporó el sistema de monitoreo.

Diseño de prototipo: para este se utilizó un Arduino ATmega328 el cual tiene un tamaño ligero y una cantidad limitada de recursos computacionales pero económico en términos de consumo de energía. Baterías AA, una micro SD y un sensor de temperatura LM-35.

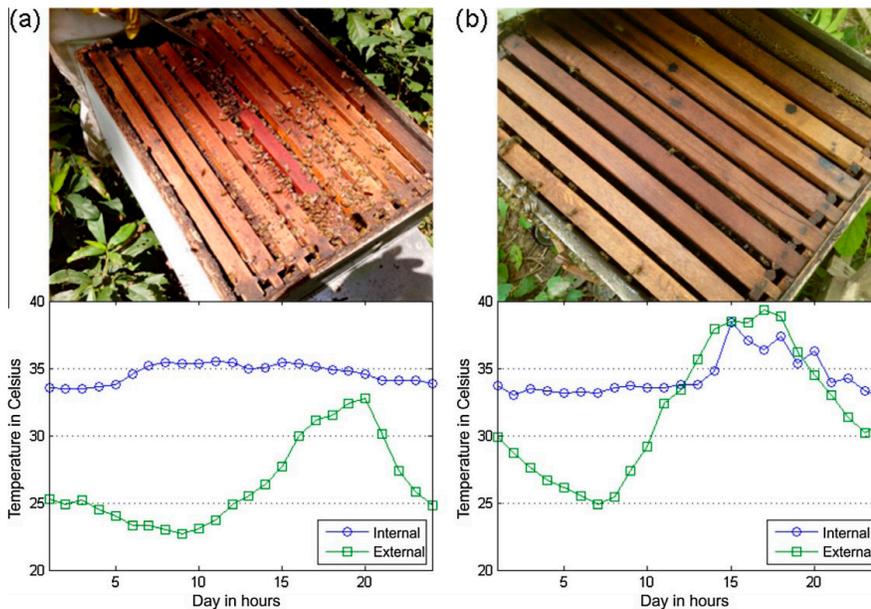
El prototipo fue desarrollado en el lenguaje C utilizando el popular método XU and Wunsch (Kridi et al., 2016).

Resultados:

La temperatura promedios de las lecturas diarios en las colmenas por un periodo de 10 días mostraron una coincidencia en los niveles de calor dentro y fuera de la colmena. La actividad interna en la cometa está asociada a la variación de temperatura, es decir, los procesos de termorregulación de las abejas se activan en función de la temperatura exterior, sin embargo, este trabajo no es suficiente para prevenir un aumento de temperatura al interior de la colmena en un día caluroso. Respecto al desarrollo del sistema de monitoreo, cumplió su objetivo, pero el consumo de energía fue un factor que afectó la recolección de datos debido a que el costo de recursos para el envío de información frecuente gasto las baterías y afectó el rendimiento por ende se propuso utilizar el modelo de Jurdak Ruzzelli y también incorporar otros variables como la humedad, luz y peso de las abejas (Kridi et al., 2016).



Imágenes



¿Cómo aporta a mi proyecto?

Este nos da un gran aporte en nuestro marco de TIC, nos da un modelo de recolección de datos que puede ser monitoreado a distancia, además, presenta el esquema de la construcción del sistema con sus componentes para la recolección de datos, indica que variables se deben tener en

cuenta para el desarrollo, transmisión y monitoreo de datos. Además, propone una metodología con una serie de pasos a seguir para estudiar datos y encontrar patrones, esto es útil durante el desarrollo de alternativas para recolección e interpretación de los datos que serán mostrados a los usuarios.



11.4. Conclusiones del estado del arte.

Se identificó que cada persona tiene condiciones físicas específicas que le permiten adaptarse a su entorno y estas condiciones son propias de cada persona. Ahora bien, existen diferentes algoritmos que nos permiten hacer estimaciones sobre los niveles térmicos usando los datos recolectados por sensores, sin embargo, la tecnología no está adaptada para medir valores de temperatura directamente desde el núcleo del cuerpo, es poco precisa y depende de cosas como la ubicación del cuerpo que se examina, lo que implica que los márgenes de error de este cálculo de estrés térmico superan los valores aceptables. Lo que nos indica que medir los niveles de estrés térmico usando los factores del cuerpo es muy complejo y las estimaciones no son confiables. Lo que deja como alternativa trabajar con un promedio de temperatura ambiental en la que una persona puede realizar actividades, es decir, crear rangos o niveles de exposición solar que se consideran nocivos o seguros. Estos rangos pueden ser medidos a través de la obtención de variables tomadas del ambiente, esto permite tener una visión global del estado en el que se encuentra un individuo durante un tiempo determinado realizando una actividad. La obtención de estos datos permite encontrar patrones en el ambiente que puedan dar indicios sobre qué aspectos del entorno analizado, son los más propensos a ser intervenidos desde el diseño.

12. Trabajo de campo

12.1. Metodología.

Recolectar información que permita encontrar patrones en el comportamiento de los trabajadores mientras realizan sus actividades con el fin de identificar entre las variables de clima, vestuario, características físicas, actividad física y entorno, cuáles son las variables que más incidencia y capacidad de intervención tienen en el estrés térmico.

co. También se pretende construir registro visual que permita revisar el entorno como un posible factor para tener en cuenta durante el desarrollo de la propuesta de diseño.

A continuación, se desarrollarán los métodos aplicados durante la recolección de información con los respectivos resultados obtenidos en este proceso.

12.2. Behavioral Mapping.

Este método consiste en documentar mediante la observación, creando registros en video, imagen, audio y toma de nota de las actividades de los trabajadores y su entorno.

12.3. Anotaciones.

Para entender el proceso de trabajo realizamos anotaciones de: cómo se inicia la jornada de los recolectores, además, se tiene en cuenta qué indumentaria utilizan y cómo está el clima. Luego, durante el trabajo, se tiene en cuenta qué herramientas e instrumentos utilizan. Finalmente, cómo finalizan la jornada y cuáles son las últimas tareas del día.

12.4. Sub-método individual-centered.

Por otro lado, este nos permite documentar el recorrido de los trabajadores individualmente mientras hacen sus actividades. Lo anterior, con el fin de identificar cuál es la actividad de mayor desgaste físico, la que implica mayor esfuerzo físico y cuál es la de mayor duración.

12.5. Sub-método place-centered.

Este sub-método permite determinar si el espacio tiene lugares que puedan ser utilizados en el desarrollo de dinámicas de descanso, hidratación o algún método que permita disminuir el estrés térmico.



12.6. Registro fotográfico.

La toma de fotografías del espacio nos ayuda a construir un mapa y registro visual del espacio donde trabajan. Esto es útil para identificar las zonas en las que se desarrollan las tareas y qué elementos hay al alrededor, como, por ejemplo, aquellos árboles que pueden proveer sombra.

12.7. Entrevista.

(El formato de la entrevista está en el anexo A). Nos permite tener información directa de las personas involucradas en nuestro objeto de estudio. La entrevista se realiza de forma presencial y semi estructurada. Queremos que el usuario pueda contarnos sobre su trabajo, creando relación con el entorno donde se encuentra, de tal forma que nos pueda brindar información relevante.

El objetivo es conocer desde el punto de vista del trabajador sobre:

1. Cuáles son las actividades de mayor duración y cuáles son las actividades de mayor exigencia física.
2. Qué medidas de prevención son tomadas para control de la exposición solar, y si a nivel individual adopta alguna medida adicional.
3. Cómo perciben los efectos que tiene el ambiente y el espacio, durante el desarrollo de sus actividades.
4. Qué dinámicas de trabajo tienen (grupal o individual)
5. Qué tanta familiaridad hay con el uso de herramientas tecnológicas y con qué frecuencia se utilizan.
6. Identificar en las variables: clima, vestuario, características físicas, actividad física y entorno; cuáles son las más destacadas por el usuario

cuando habla de la dificultad del trabajo.

12.8. Resultados.

La realización del trabajo de campo se hizo con una familia de agricultores que cultivan cilantro cimarrón, en una finca ubicada en el km 38 sobre la vía al mar cerca del municipio de Dagua. Respecto al cimarrón es una hierba tropical perenne, es decir, es una planta que se produce continua y rápidamente. Esta planta se da principalmente en zonas tropicales y se cultiva en muchas partes del mundo. Además, el cimarrón se utiliza como condimento en las comidas por el olor y sabor que posee.

Esta familia se encuentra conformada por aproximadamente 20 personas, quienes viven en la casa principal de la finca. Los hombres adultos, conforman un total de 8 personas y son los encargados de realizar las labores de recolección. Estos trabajan en grupo cuando se necesita cultivar o recolectar y sus actividades en la mayoría de los casos, poseen un horario entre las 7 am y 5 pm. Para ir a recolectar el cilantro cimarrón, deben recorrer una distancia aproximada de 150 metros entre colinas y selva desde la casa principal, y el lugar donde se cultiva esta variante de cilantro, es un terreno de aproximadamente 70 x 100 metros.

Los métodos para recolectar datos se aplicaron estando ubicados en los lotes donde se hacía la recolección. La entrevista se realizó a líder del grupo, el cual, mientras hablaba nos mostraba los lugares, formas de trabajar y detalles sobre el cultivo.

La información recolectada fue evaluada y organizada en términos de las variables de: clima, actividad física, vestimenta, características físicas y el entorno de trabajo; las cuales serán desarrolladas a continuación.



Clima:

El clima soleado es el que más afecta a los trabajadores físicamente, y el que más dificulta la actividad de recolección. Lo anterior, se debe a que deshidrata el cuerpo rápidamente y disminuye la capacidad física para realizar la recolección. Además, afecta la capacidad que tienen los agricultores para concentrarse en su trabajo, lo que reduce su rendimiento al realizar su trabajo. Adicionalmente, el clima soleado los obliga a tratar de trabajar más rápido porque el cimarrón requiere estar constantemente húmedo, por ende, mucha exposición solar lo deteriora. Otro factor climático que dificulta la recolección es el viento, porque al igual que el sol, seca la planta y reseca la piel del trabajador, obligándolos a trabajar más rápido.

Actividad física:

Desde la perspectiva de los recolectores, el trabajo de cimarrón es muy "suave" y poco agotador, sin embargo, implica muchas horas de trabajo, tal como ellos lo manifiestan diciendo "hay que estar todo el día trabajando todos los días" (Tobías, 7 de octubre de 2017), tal situación se debe a que el cimarrón crece rápido y su tiempo de vida es corto, lo que quiere decir que un día que no trabajen puede representar pérdidas. En este sentido, es difícil cuantificar el nivel de cansancio que ellos experimentan porque la cantidad de horas de trabajo puede variar al igual que pueden variar las horas de exposición al sol. Como ya se mencionó, esta familia desarrolla la actividad de recolección grupalmente, pero tiene un líder quien es el que determina que se hace cada día.

El líder lo que hace es revisar las condiciones del cultivo para saber qué deben hacer y esto se hace a "ojo", es decir, dependiendo de cómo se vea el cultivo, así saben si deben recolectar, espiar, fumigar, etc.

En términos de tiempo, la actividad que más tiempo demanda es la recolección porque se

debe hacer a diario a diferencia de otras que no, como el espigar, abonar, riego, etc que, se pueden realizar en una tarde o en un par de horas. Por el contrario, abonar y fumigar son de las actividades que menos tiempo ocupan y las pueden realizar una o dos personas y terminar en menos de 30 min.

Casi todas las actividades se realizan durante el día, lo que implica una exposición UV constante, sin embargo, otras solo se pueden hacer en horas determinadas como el abonar o humedecer que se hace en la tarde cuando la cantidad de sol que se recibe ha bajado.

Por otro lado, cuando hay pedido de cimarrón no hay pausas o descansos establecidos (a diferencia de la hora de almuerzo) ya que la prioridad es completar el trabajo independiente de las condiciones climáticas.

Características físicas:

Los años de trabajo continuo muestran claramente una afectación en la piel que ha deteriorado la apariencia física de todos los recolectores ya que en las extremidades expuestas al sol presentan un bronceado constante, piel áspera y reseca. También se pudo observar que tienen callos y varias marcas en las manos producidas por el trabajo manual sin protección.

El grupo de recolectores está conformado por hombres con diferentes edades comprendidas entre los 20 y 45 años.

Vestimenta:

Utilizan implementos básicos como:

1. Gorra
2. Sombrero
3. Tela para cubrir la cabeza
4. Camisa manga larga
5. Pantalón
6. Botas

La lluvia es la única que causal que pued llegar a



determinar si necesitan algo de protección adicional como por ejemplo un impermeable. Lo anterior se debe a que, ellos consideran que no hay algo que determine qué se debe utilizar, lo único indispensable es el uso de botas para el terreno y una camisa para el sol.

Entorno:

En cuanto al lugar donde trabajan, se encontró que están rodeados de mucha vegetación y el cultivo está ubicado sobre una colina. Para los recolectores la ubicación favorece el proceso de recolección porque al permanecer inclinados es más fácil recoger. Según el punto de vista de los recolectores, el terreno plano produce más cansancio por la postura. Debido a que hay mucha vegetación, hay varios sectores donde encontrar sombra alrededor, pero en el espacio donde se recolecta el cimarrón no hay algo que cubra de la exposición solar. Por último, la ubicación del cultivo cambia periódicamente por factores como aumento de plagas o el estado de la tierra lo que lleva a que el entorno de trabajo cambie, pero en general se procura plantar sobre una colina.

13. Determinantes de diseño

A continuación, se presentarán las determinantes de diseño resultantes de los procesos de investigación llevados a cabo a lo largo del proyecto, las cuales soportarán el desarrollo y creación de los esquemas y soluciones objetuales posibles para responder a la problemática general tratada en el presente texto.

13.1. Determinantes Teóricas:

1- Los usuarios deben realizar acciones colaborativas, por lo que deben comunicarse y coordinarse entre sí, para que las dinámicas de trabajo que se definan estén influenciadas por los acuerdos definidos grupalmente.

Insight:

Las prácticas laborales de los recolectores se

desarrollan de manera grupal, por lo que es pertinente plantear interacciones colaborativas, reduciendo los costos de implementación, aumentando la interacción entre los trabajadores al tiempo que se fomenta un aprendizaje grupal y un entorno colaborativo.

Resultado trabajo de campo:

Los recolectores de cimarrón desarrollan sus actividades de recolección de manera grupal. El promedio de personas recolectando es de 5, aunque en ocasiones aumenta a 7 debido a la alta demanda realizada por los compradores. Sin embargo, se pueden presentar días en donde la mayoría de los recolectores no pueden recolectar el cultivo, lo que da como resultado un mínimo de 2 personas trabajando (En todo momento) en la recolección. El desarrollo de sus actividades se encuentran ligadas a la coordinación y comunicación entre sí para tomar decisiones frente a las actividades que van a desarrollar durante la jornada de trabajo.

2- El sistema debe apropiarse de la manera de trabajo del recolector e in situ proveer una retroalimentación clara (bajo términos y conceptos apropiados), facilitando el uso y el entendimiento del problema.

Insight:

Al momento de buscar información con respecto al cultivo o área de trabajo, los agricultores solo recurren a una salida, la cual es pedir asesoramiento a un agrónomo. Al no existir una proactividad y depender netamente de sus propios conocimientos o los de otra persona que no va a estar 100% dedicada al cultivo, las interacciones en las que van a participar deben estar en términos que puedan abstraer y comprender sin recurrir a fuentes externas de información.

Resultado trabajo de campo:

Al momento de necesitar información sobre una plaga o cuidado del cultivo, contactan a un agrónomo de la ciudad de Cali, el cual los asesora

con respecto a los elementos que deben compararse dependiendo de la situación que se les esté presentando. En otras ocasiones, contactan con un familiar que posee más experiencia en este cultivo para obtener consejos por parte de él. La tecnología que disponen como los celulares, son usados para prácticas de ocio como, escuchar música, comunicarse, entretenimiento, entre otras. Pero no son usados como una fuente de información que permita obtener datos que les ayuden con el cultivo.

3- El sistema debe afianzar un nivel de conciencia frente al estrés térmico evitando sobrepasar los límites de confort y riesgos en la salud. Por medio de una meta predefinida de recolección y los beneficios que conllevan el uso del sistema, permitiendo que el recolector se mantenga en un buen margen de confort térmico.

Insight:

Los agricultores demuestran un bajo interés hacia las herramientas que les puedan ayudar en sus labores o con temas relacionados a la protección solar. Por lo que hay que plantear interacciones que permitan fomentar el interés hacia estos aspectos.

Con lo anterior, es pertinente entonces entender el modelo KARA, que pueda facilitar la interacción entre el sistema y el usuario para lograr el objetivo de reducir el estrés térmico al cual se exponen los recolectores.



(Jiménez García, 2014)

K: Conocer el progreso de trabajo realizado, con su respectiva información por medio de la retroalimentación.

A: Tomar conciencia sobre el trabajo que queda

por realizar y las posibles recomendaciones brindadas.

R: Planear y ajustar los cambios pertinentes para lograr la tarea a través de la información recibida.

A: Ejecutar las acciones restantes para completar la tarea dentro del plan recomendado.

-Exposición: Al realizar los distintos procesos bajo los parámetros establecidos por el sistema, es posible obtener una optimización que permita reducir la exposición al estrés térmico.

Resultado trabajo de campo:

Los agricultores de cimarrón no están interesados en preocuparse por algo distinto a lo que se refiere su trabajo, ya que es lo único que los motiva. Comentan que nadie ha sufrido problemas con respecto al sol, por lo que no le ponen demasiada atención. Tampoco les interesa estar pendientes de algo como una herramienta, a no ser que les sea estrictamente necesaria, como lo son los guantes o la guadaña de corte. Poseen tecnologías como lo es el termómetro análogo, pero no lo usan ya que les es indiferente saber o no la temperatura ambiente.

Por otro lado, poseen una presión laboral relacionada al tiempo de entrega del pedido que les realicen, lo que los fuerza a trabajar de manera continua sin realizar algún tipo de pausa programada, ni distraerse en otros elementos ajenos a la recolección.

13.2. Determinantes Técnicas.

1- La propuesta desarrollada debe contar por lo menos con sensores tales como, humedad, temperatura. Permitiendo así el análisis del ambiente y la generación de los datos necesarios para desarrollar las interacciones.

Resultado marco de referencia:

Es posible determinar los niveles de confort térmico del ambiente, por medio de variables tales

como: la temperatura del aire, la humedad relativa del aire, corrientes de aire, la vestimenta del trabajador y el consumo metabólico de trabajo.

De igual manera, la exposición directa a los rayos del sol afecta a largo plazo la salud de la persona y aumenta los niveles de estrés térmico debido a la exposición a una fuente de calor constante de manera directa.

2- El sistema podrá usarse sin conexión a internet.

Insight:

La zona del cultivo no posee accesibilidad a conexiones estables de red, la dependencia a conexiones de internet de operadores móviles supone un riesgo alto de pérdida de paquetes de información que pueden ser vitales para el análisis y funcionamiento del sistema.

Resultado trabajo de campo:

El cultivo de cimarrón se encuentra entre 100 a 150 metros de distancia de la vivienda más cercana con posibilidades de poseer una red estable de internet. El terreno no posee ningún tipo de fuente eléctrica por la cual tener la posibilidad de alimentar algún dispositivo que facilite la conexión a internet. Si bien existe la recepción de señal de operadores móviles, estas pueden llegar a presentar latencia en determinados momentos del día, además de que los dispositivos móviles corren el riesgo de quedarse sin batería en periodos cortos de tiempo.

3- El sistema contará con dispositivos de interacción tales como, buzzers y/o parlantes y leds o pantallas de visualización etc.

Insight:

Es necesario desarrollar elementos que permitan entablar y facilitar la interacción del usuario con la propuesta desarrollada, además de cumplir con la función, de ser los canales o medios de información y evitar un gasto de tiempo innecesario

al momento de interactuar con el sistema, ya que pueden recibir feedback sin necesidad de detener su labor.

Resultado trabajo de campo:

Para los recolectores, el trabajo de recolección es su principal y más grande prioridad, actividades secundarias tales como ver el celular o entablar una conversación sin trabajar son descartadas. El terreno de recolección se encuentra alejado de las fuentes de ruido, por lo que el cultivo posee niveles de ruido bajos. Los agricultores en la mayoría del tiempo enfocan su concentración en la recolección del cultivo.

4- La propuesta debe poseer una fuente de energía constante por medio de energía solar o baterías de larga duración.

Insight:

Garantizar la alimentación de energía de los dispositivos, es primordial para desarrollar las interacciones. Por medio de energía solar o baterías de alta durabilidad, estas se pueden llevar a cabo. Ya que, el cultivo no dispone de conexiones de energía.

Resultado trabajo de campo:

Se evidenció que el terreno de recolección se encuentra aproximadamente a 100 metros de distancia de la fuente de energía constante más cercana. Además, el sol impacta contra la superficie del cultivo, un 80 a 90% del tiempo durante el proceso de recolección diario. Y el 70 u 80% del año, se tienen exposición solar constante. Por lo que es pertinente considerar esta situación como una oportunidad de intervención, que mejore las condiciones de desempeño y adaptabilidad del sistema.



13.3. Determinantes Usuario-Contexto.

1- La propuesta debe retroalimentar al grupo con respecto a su progreso en el trabajo o recibir información del estado del ambiente, por medio de feedback sonoro y/o visual.

Insight:

La retroalimentación del estado de trabajo o estado del ambiente permite al usuario tomar medidas que le permitan afrontar, ajustar y terminar las tareas. De igual manera, facilita la administración del tiempo lo que genera una recolección más controlada.

Resultado trabajo de campo:

Los recolectores no poseen una noción del tiempo exacta a la hora de desarrollar sus tareas, dependen netamente de sus experiencias y del estado en el cual se encuentre el cultivo, comprobando el estado por medio de la observación. Su organización de trabajo no es clara y depende del juicio que tengan para decidir qué tareas desarrollar.

Esta determinante se encuentra estrechamente ligada al modelo KARA planteado anteriormente.

2- El sistema podrá recibir inputs de información de auto-reporte por parte del agricultor para desarrollar y ajustar las tareas necesarias en su interacción.

Insight:

La recolección de cimarrón está dada por factores tales como, el clima, número de personas, el número de unidades para recolectar, el estado del terreno, condición del recolector, entre otros. Como estos valores no son constantes, el sistema debe ser capaz de recibir información para poder actualizar las tareas que implementa para su funcionamiento.

Resultado trabajo de campo:

La zona donde se ubica el cultivo de cilantro ci-

marrón posee una variación térmica entre 25 y 35°C aproximadamente. Las solicitudes de recolección se encuentran oscilando entre 800 a 2000 unidades (manojos). El terreno cuenta con aproximadamente 5 divisiones, que van rotando a medida que los recolectores van desarrollando sus tareas. El número de personas que se dedican a recolectar varía periódicamente de 2 a 7 aproximadamente, lo que afecta la velocidad de recolección y aumenta el esfuerzo de trabajo.

3- El usuario debe poder interactuar y entender el sistema fácilmente durante la recolección. Este debe trabajar en el background, intervenir cuando sea necesario sin interrumpir en gran medida las labores y autogestionarse para poder seguir funcionando así este no reciba ningún input por parte del trabajador.

Insight:

El tiempo en la recolección de cimarrón es de vital importancia, por lo que las interacciones y acciones que los recolectores realicen fuera de la recolección no deben consumir demasiado tiempo si se realiza un diseño de sistema simple y claro.

Resultado trabajo de campo:

Los agricultores de cimarrón invierten el 80% del tiempo que pasan en el cultivo, en la recolección de este. Mientras se encuentran en el terreno, no invierten tiempo en realizar otras tareas que no estén relacionadas a la recolección. Si bien tienen experiencia manejando tecnología cotidiana como lo es un smartphone, no demuestran interés por usarla o recurrir a otros artefactos para adquirir, o mejorar aspectos relacionados al cultivo.



14. Modelo de interacción para el control de estrés térmico

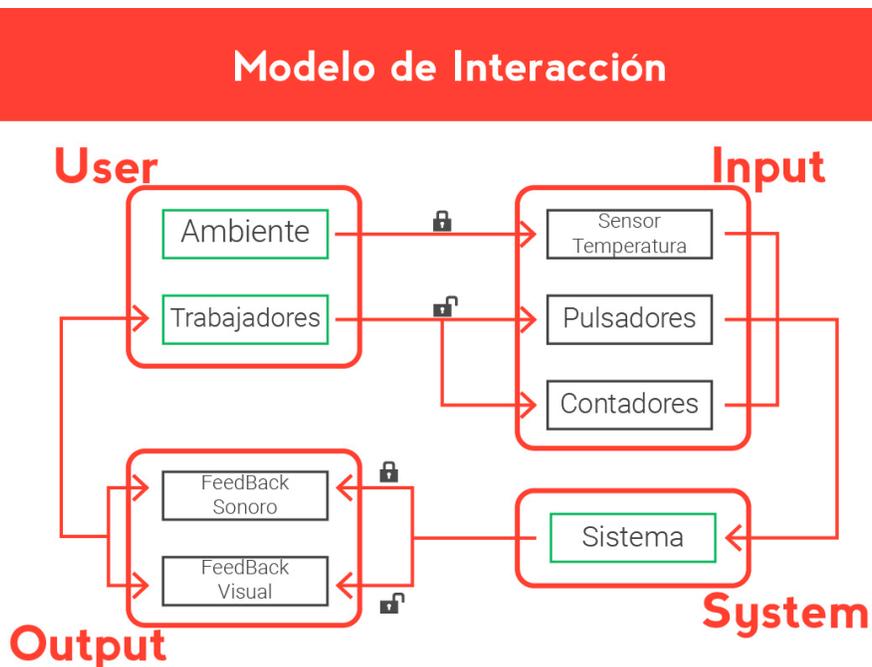
Luego del trabajo de campo realizado y las determinantes de diseño propuestas, que surgieron a partir del análisis de los factores más relevantes a tener en cuenta al momento de proponer una posible solución, que permita evaluar y controlar el estrés térmico, en trabajadores agrícolas; se obtuvo que la solución a desarrollar, debía responder y acomodarse a una serie de dinámicas y circunstancias específicas de los trabajadores junto con una multiplicidad de variables ambientales y laborales que afectan de manera conjunta la situación.

En base a esto, se plantea el desarrollo de una estructura que permita obtener una vista general de la interacción con todos sus componentes, y que de manera holística genere opciones de aplicabilidad no solo al ámbito tratado en la presente investigación (Cultivo de cilantro cimarrón), sino que sea capaz de moldearse y ser aplicada a distintos contextos de trabajo agrícola, en donde las dinámicas de trabajo, sus condiciones y el entorno en donde se desarrollan cambian drásticamente. Como resultado, se obtiene un modelo de interacción que conecta y estructura las múltiples variables y componentes que constituyen la situación de un grupo de trabajadores del sector agrícola, que desempeñan sus actividades al aire libre con un grado de estrés térmico perjudicial para la salud, para posteriormente a través de la aplicación del modelo a un sistema interactivo, lograr el objetivo primordial centrado en regular la exposición térmica de los trabajadores.



14.1. Estructura.

Después de haber sido introducido el modelo, es necesario abordar su organización y de qué manera se encuentran distribuidos sus componentes a lo largo del ciclo de interacción.



En primera instancia y empezando el ciclo interactivo del modelo, se encuentran los usuarios. En este caso, la interacción cuenta con 2 usuarios los cuales se van a encargar de alimentar al modelo con estímulos que posteriormente serán traducidos por el sistema. El primero que aparece es el ambiente, si bien este no es un usuario de manera directa, si es una fuente de estímulos primordial para desarrollar el ciclo interactivo, por lo que es pertinente ubicarlo en esta posición. Este se encarga de proveer al input de manera continua, aquella información del entorno, vital para que el ciclo interactivo del modelo se lleve a cabo, por esto la articulación entre este y su respectivo input no debe ser alterado y siempre debe brindar datos hacia el sistema. En segunda instancia encontramos a los trabajadores, este usuario es el encargado de establecer e ingresar en el input correspondiente, una serie de objetivos y variables que posteriormente el sistema hará uso. Dichos objetivos dan como consecuencia una serie de tareas que el trabajador debe realizar a lo largo del día con respecto a sus actividades de re-

colección. Estos estímulos obtenidos por medio de este usuario no son de vital importancia para el sistema, ya que este posee una estructura que le permite continuar su procesamiento y alcanzar el objetivo primordial sin dichos estímulos. Sin embargo, para obtener el mejor desempeño, es importante que el usuario trabajador también genere estímulos hacia los inputs.

El desarrollo del paso anterior responde a las siguientes determinantes Usuario-Contexto planteadas durante la investigación:

- 1-El sistema debe recibir inputs de información dictaminados por el usuario, permitiendo un ajuste de las tareas de trabajo.
- 2-El usuario debe entender de manera fácil la interacción con el sistema. Este debe realizar su procesamiento en el background y autogestionarse para seguir funcionando dado el caso que no reciba ningún tipo de estímulo por parte de los trabajadores.



En segundo lugar, se encuentra el componente de inputs. Este se encarga de recibir los estímulos generados por ambos usuarios, y los traduce a un lenguaje entendible de estímulos interpretables por el sistema. Dicho lenguaje de entrada le permite al sistema central ejecutar una serie de operaciones que le generan un cambio de estado.

La anterior etapa se encuentra ligada a las siguientes determinantes técnicas:

1-La propuesta debe contar al menos con un sensor de temperatura. Permitiendo el análisis de ambiente y la generación de datos necesarios para desarrollar la interacción.

Posteriormente, el sistema se transforma en base a aquellas operaciones recibidas previamente, generando una serie de atributos y resultados que se derivan de aquellos estímulos generados por los usuarios.

Las determinantes que apoyan el paso previamente mencionado hacen referencia a:

1-El sistema debe apropiarse de la manera de trabajo del recolector junto con su entorno, para proveer una serie de resultados, facilitando el uso y el entendimiento del problema.

2-El sistema debe afianzar un nivel de conciencia y control frente al estrés térmico. Por medio de metas u objetivos establecidas previamente en la etapa de recolección de estímulos.

Por último, el sistema se encuentra en un nuevo estado de variables, aquí se le comunica al usuario los valores o atributos generados por el sistema a través del output. La retroalimentación sonora estará funcionando en todo momento, puesto que es el output que se encuentra directamente ligado a los estímulos generados por el ambiente, la visual dependerá entonces de si

existen o no estímulos provenientes por parte de los trabajadores. Depende entonces del usuario, interpretar y evaluar estos resultados generados a manera de estímulos y el entendimiento de estos dependerá de la sencillez de la traducción realizada por el sistema.

En cuanto a determinantes que soporten lo anterior obtenemos que:

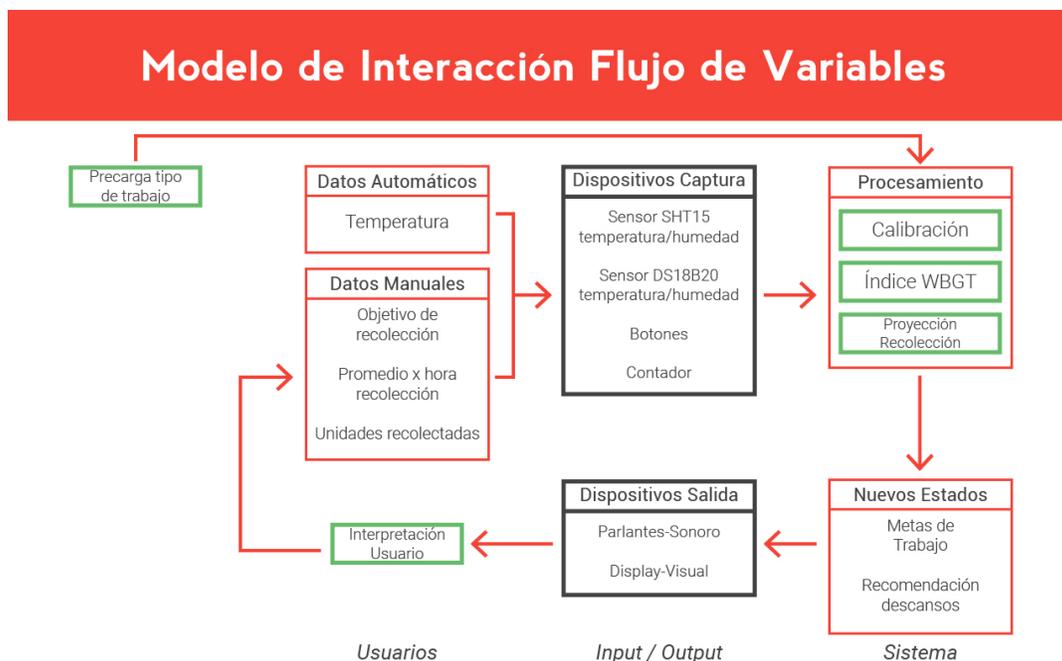
1-Los usuarios deben realizar acciones colaborativas, por lo que deben comunicarse y coordinarse entre sí, para definir las dinámicas de trabajo en base a los estímulos resultantes provenientes del sistema.

2-La propuesta debe estar en capacidad para retroalimentar a los recolectores de manera grupal con respecto a las condiciones laborales y ambientales que modifican sus dinámicas de trabajo.



14.2. Flujo de variables y procesamiento.

Luego de entender la estructura general del modelo propuesto, es momento de abordar las variables que intervienen en este durante las distintas etapas y de qué manera son utilizadas a lo largo del ciclo de interacción.



Para llevar a cabo el análisis de variables se adoptó el índice WBGT que permite conocer de manera más rápida si existe situación de riesgo por estrés térmico, y además genera los periodos de descanso adecuados de acuerdo a las distintas variables que se vean involucradas (Mendoza, 1993).

Precarga tipo de trabajo:

En un principio el programador/diseñador, debe cargar al sistema el índice WBGT de la zona donde los trabajadores planean descansar (más adelante se explicará cómo se realiza este cálculo). Sin embargo, es pertinente desarrollar otro dispositivo que analice periódicamente la zona de descanso y envíe estos datos al sistema central para mayor precisión. También se debe ingresar la estimación del consumo metabólico que conlleva la labor que realiza el trabajador en su entorno de trabajo. Dicho consumo, puede ser personalizado por medio de una aplicación móvil que gestione las distintas variables del sistema. El cálculo del consumo se realiza con ayuda de la siguiente tabla.

Tabla 2: Estimación del consumo metabólico M (ACGIH)

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

(Mendoza, 1993)

Para obtener entonces este consumo, es necesario dividir las distintas etapas de trabajo del recolector y obtener el porcentaje de tiempo que cada una representa con respecto al total de tiempo que toma recolectar.

Ej.

1-Recolectar y enrollar manojos: 60% del tiempo total.

2-Moverse para recolectar otras zonas: 30% del tiempo total.

3-Llevar los manojos a la zona de limpieza: 10% del tiempo total.

Luego, se debe asignar a cada actividad las distintas acciones que realiza con su respectivo consumo metabólico.

Actividad 1:

Sentado = 0.3 Kcal/min

Trabajo con dos brazos ligero = 1.5 Kcal/min

Actividad 2:

Andando = 2.0 Kcal/min + 0.8 Kcal por metro de subida (1 metro para este caso).

Actividad 3:

Andando = 2.0 Kcal/min + 0.8 Kcal/min por metro de subida (3 metros para este caso).

Trabajo con dos brazos ligero = 1.5 Kcal/min

Con base en esto, la distribución de tiempos y el metabolismo basal considerado de 1Kcal/min tenemos:

$$M= 1.8 \text{ Kcal/min} \times 0.6 + 2.8 \text{ Kcal/min} \times 0.3 + 5.9 \text{ Kcal/min} \times 0.1 + 1 \text{ Kcal/min} =$$

R// 3.51 Kcal/min = 210.6 Kcal/h, esto equivale al consumo metabólico por ahora del trabajador.

(Mendoza, 1993)

Datos automáticos:

Estos datos son generados automáticamente por el ambiente, y sus mayores picos de intensidad se evidencia en la franja horario entre las 10 a.m. y las 3 p.m.

Datos manuales:

Este tipo de datos son generados por el trabajador al inicio del ciclo interactivo, este deberá indicar el objetivo de recolección que se debe cumplir al final del día de trabajo. Posteriormente en base a sus conocimientos y criterio, deberá ingresar el promedio de recolección por hora. Por último, el trabajador a través de un dispositivo que lleva la cuenta de las unidades que se van recolectando, puede retroalimentar al sistema de manera automática.

Dispositivos Captura:

Estos obtendrán y cuantificarán los datos previamente generados, y los traducirá a valores interpretables por el sistema. Los sensores de temperatura/humedad se encargarán del análisis del entorno dando como resultado un valor de temperatura en grados Celsius, este valor se dará al final de cada hora de procesamiento a partir del promedio de temperatura durante esa hora transcurrida, obtenida al sumar la temperatura de los 60 minutos de la hora y divididos por el mismo valor. Los botones recibirán los valores correspondientes al objetivo de recolección total y al promedio estimado de recolección por hora. Finalmente, el contador procesará de manera continua la cantidad de unidades que el trabajador se encuentra recolectando.

Procesamiento:

Al obtener todos los estímulos por parte de los usuarios, es momento de procesar los datos recogidos. Para el primer procesamiento llamado calibración, se usará la fórmula propuesta en la investigación Heat Stress Monitor by using Low-Cost Temperature and Humidity Sensors (Batsungnoen & Kulworawanichpong, 2012). Con esto, es posible obtener todas las variables necesarias para ejecutar el índice WBGT con un margen de error menor al 5%, a partir del análisis de una sola variable de temperatura. Esto con el fin de reducir costos de implementación y facilitar la personalización y uso de estas variables en un sistema de interacción.



Sensor DS18B20:

THN (temperatura húmeda natural) calibrado = $0.4207 \cdot \text{temperatura} + 14.876$

Sensor SHT15:

TG (temperatura de globo) calibrado = $2.668 \cdot \text{temperatura} - 55.1695$

Sensor SHT15:

TA (temperatura seca del aire) calibrado = $0.6927 \cdot \text{temperatura} + 11.5695$

Llegado a este punto, es momento de realizar el procesamiento del índice WBGT para obtener la situación de estrés térmico a la cual está expuesto el trabajador.

THN= temperatura húmeda natural (natural wet-bulb temperature).

TG= temperatura de globo (globe temperature).

TA= temperatura seca del aire (air temperature).

Índice:

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

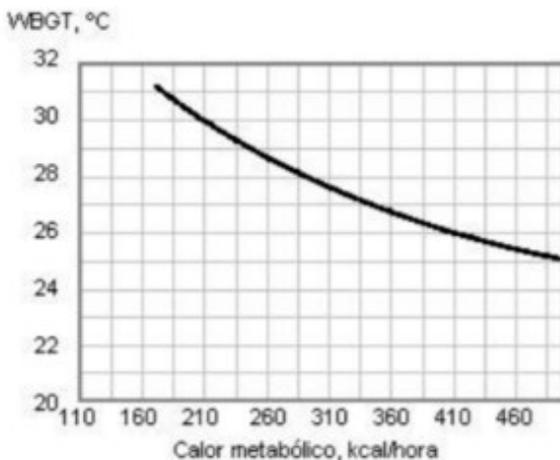


Fig. 2: Valores límite del índice WBGT (ISO 7243)

(Mendoza, 1993)

La siguiente tabla muestra el valor límite del índice con respecto al gasto metabólico por hora del trabajador, teniendo en cuenta si este está aclimatado a la zona de trabajo y si en el momento existe alguna corriente de aire (el modelo está configurado para trabajar solo con los datos correspondientes a la columna que indica que el viento es diferente de 0).

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

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

(Mendoza, 1993)

Por último y para terminar el procesamiento del índice WBGT, se debe aplicar la °C, esta indica la cantidad de tiempo que debe descansar la persona por hora de trabajo en la zona de descanso designada.

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

ft= Fracción de tiempo de trabajo respecto al total (indica los minutos a trabajar por cada hora)

A= WBGT límite en el descanso (M <100 Kcal/h.)

B= WBGT en la zona de descanso

C= WBGT en la zona de trabajo

D= WBGT límite en el trabajo



Limitante: si $B \geq A$ las fórmulas no son aplicables. Por lo que debe adecuarse un lugar más fresco para el descanso, permitiendo que se cumpla $B \leq A$.

(Mendoza, 1993)

Finalmente, el último procesamiento que se realiza es el de la proyección de recolección, siempre y cuando el usuario trabajador ingrese los datos correspondientes al sistema. Al obtener el objetivo de recolección principal y el promedio de recolección por hora según el criterio del trabajador, el sistema establece la cantidad de recolección esperada durante cada hora en la jornada de trabajo.

Nuevos Estados:

El sistema se dispone a generar los resultados que indican la meta de trabajo de recolección en el momento del análisis, en este caso se realiza una comparación entre la recolección esperada para ese momento y el valor recolectado realmente, obtenido a partir del contador que registra la recolección del trabajador.

De igual manera al obtener el resultado de la cantidad de tiempo que debe descansar el trabajador, se prepara para ejecutar los estímulos necesarios que serán procesados por los dispositivos de salida.

Estos dos estados, surgen cada hora de trabajo, en donde la primera hora de trabajo se utiliza para la recolección de todos los datos necesarios para alimentar el sistema. A partir de la segunda hora, el sistema empieza a arrojar las metas de trabajo acumuladas en intervalos de una hora, y en cada intervalo compara el valor recolectado real por los trabajadores y el valor esperado según los datos ingresados para posteriormente enviar la retroalimentación por medio del dispositivo de visualización. Al comienzo de la segunda hora, el sistema envía la retroalimentación de descanso resultante de la hora de trabajo pasada y este proceso se repite durante las siguientes

horas hasta el final de la jornada laboral cuando se apague. Es posible que se dé el caso en donde el sistema arroje como resultado que para esa hora no es necesario un periodo de descanso debido a que las condiciones son óptimas para trabajar.

Dispositivos Salida:

Estos se encargarán de generar los estímulos pertinentes, para que el usuario los interprete y tome decisiones frente a la retroalimentación. El estímulo de tipo sonoro se encarga de brindar las alertas de descanso cada hora, estas tendrán sonidos característicos que identificarán tanto el comienzo como el fin del tiempo de descanso.

El estímulo visual está asociado a la retroalimentación del sistema para indicar que tanta cantidad recolectada para esa hora hace falta para llegar a la cantidad esperada o, por el contrario, que tanta cantidad se lleva de más.

Interpretación del Usuario:

Este punto determina el fin de un ciclo de interacción, el usuario toma acción con respecto a las retroalimentaciones obtenidas, para más tarde dar paso a un nuevo ciclo.



14.3. Ejemplo de Aplicabilidad.

Supongamos que tenemos un grupo de trabajadores aclimatados de cilantro cimarrón que se encuentran expuestos a una temperatura de 33 °C según el sensor SHT15 y a 32 °C según el DS18B20 en la zona de trabajo. Y en la zona de descanso a una temperatura de 28 °C y 27 °C respectivamente. Durante la precarga se obtiene que el consumo metabólico de ese trabajo es de aproximadamente 250 Kcal/h.

Los trabajadores al inicio ingresan al sistema que su objetivo final de recolección es de 1500 unidades y que su promedio de recolección por hora es de 300. Además, el contador registra que hasta el momento llevan 865 unidades recolectadas y ya han pasado 3 horas de trabajo, por lo que nos encontramos justamente al inicio de la cuarta hora donde se realiza el procesamiento de las anteriores horas.

En base a los datos anteriores obtenemos que:

Calibración:

*En la Zona de Trabajo

Sensor DS18B20:
THN (temperatura húmeda natural) calibrado = $0.4207 \times 32 + 14.876 = 28.34 \text{ °C}$

Sensor SHT15:
TG (temperatura de globo) calibrado = $2.668 \times 33 - 55.1695 = 32.87 \text{ °C}$

Sensor SHT15:
TA (temperatura seca del aire) calibrado = $0.6927 \times 33 + 11.5695 = 34.43 \text{ °C}$

*En la Zona de Descanso

Sensor DS18B20:
THN (temperatura húmeda natural) calibrado = $0.4207 \times 27 + 14.876 = 26.23 \text{ °C}$

Sensor SHT15:
TG (temperatura de globo) calibrado = $2.668 \times 28 - 55.1695 = 19.53 \text{ °C}$

Sensor SHT15:
TA (temperatura seca del aire) calibrado = $0.6927 \times 28 + 11.5695 = 30.97 \text{ °C}$

Índice WBGT:

*En la Zona de Trabajo

$WBGT = 0.7 (28.34) + 0.2 (32.87) + 0.1 (34.43) = 29.85 \text{ °C}$

*En la Zona de Descanso

$WBGT = 0.7 (26.23) + 0.2 (19.53) + 0.1 (30.97) = 25.36 \text{ °C}$

Según el consumo metabólico precargado, el WBGT límite en el trabajo equivale a:

WBGT límite = 28 °C.

*Ecuación de Descanso

A= 33

B= 25.36

C= 29.36

D= 28

$F_t = ((33 - 25.36) / (29.36 - 28) + (33 - 25.36)) \times 60$
(minutos/hora) = 51 minutos de trabajo.

Esto equivale a 9 minutos de descanso.

El último cálculo por realizar es la proyección de las metas de trabajo y según los datos ingresado obtenemos que:

Después de 3 horas de recolección, el número de



unidades estimadas recolectadas debería ser de 900. Y la operación resultante es equivalente a

865 reales - 900 esperadas = -35 Faltantes

El proceso de recolección se encuentra en números negativos.

Nuevos Estados y Dispositivos Salida:

Al comienzo de la cuarta hora, el dispositivo sonoro da una alerta que indica el inicio del descanso, al mismo tiempo que la pantalla de visualización indica si la meta de trabajo está en números negativos, en 0 o positivos. Al finalizar el tiempo de descanso, el dispositivo sonoro da una alerta sonora distinta, indicando que el tiempo de descanso a finalizado.

Interpretación del Usuario:

Cuando el dispositivo indica el descanso, los trabajadores caminan hacia la zona de descanso para esperar el tiempo que el sistema haya generado, uno de ellos antes de dirigirse a la zona, observa la pantalla de visualización y se da cuenta que la meta de recolección está en números negativos, por lo que se dirige al grupo y les comunica que deben ajustar el ritmo de trabajo y coordinarse entre sí para mantener la productividad.

15. Propuestas iniciales de diseño

Las soluciones propuestas surgen a partir de la aplicación del modelo de interacción a un contexto específico como lo es el cultivo de cilantro cimarrón. Esto debido a que, este modelo permite generar sistemas de interacción adaptables a situaciones concretas, en donde las soluciones objetuales propuestas varían debido a las características particulares de cada cultivo, pero el ciclo interactivo del modelo sigue siendo el mismo.

Las propuestas presentadas a continuación, surgen de un proceso de ideación y análisis, soportadas por la información obtenida en el trabajo

de campo. Estas ideas son una aproximación reducida a la propuesta definitiva para este contexto (cilantro cimarrón).

15.1. Propuesta A.

Esta propuesta está basada en un sistema alimentado por energía solar, que recomienda a los usuarios los tiempos en los que debe trabajar y hacer pausa. Lo anterior, con el objetivo de ayudar a mantener un control sobre los niveles de temperatura corporal. Inicialmente, el sistema central recibe de forma análoga la cantidad a recolectar en el día, luego, dispositivos secundarios utilizan sensores térmicos análogos (manillas) en donde los datos arrojados por estos son ingresados por el recolector para determinar los momentos de descanso, además de utilizar leds de colores para representar el nivel de exposición solar. Por medio de sonido, indica las pausas y en cada una de estas se solicita la cantidad recolectada, el usuario ingresa los datos por medio de su voz. De este modo, el sistema se ajusta y determina cuánto se debe recoger por hora y establece metas de recolección en plazos cortos, es decir, da recomendaciones acerca del progreso y el ritmo que se debe llevar en la recolección de forma visual. También, marca el momento en que se debe retomar el trabajo determinado por el tiempo y los niveles de exposición solar.

15.2. Propuesta B.

Esta propuesta trabaja con un sistema autónomo que se enciende y apaga automáticamente y se encuentra alimentado por energía solar. Al iniciar la jornada recibe del usuario la cantidad de unidades a recoger en el día y utilizando sensores de entorno, ajusta los tiempos para determinar las pausas y momentos de trabajo. Además, cuenta con una serie de canastas en las que cada recolector deposita las unidades recolectadas (manojos), entregando información al sistema sobre las cantidades recolectadas. De igual manera, presenta una representación física de un ser hu-



mano, que muestra de forma análoga cómo el ambiente está afectando a los usuarios, esto con el objetivo de que los recolectores se apropien del concepto de estrés térmico y tomen acción al respecto. Las pausas son marcadas a través de sonidos y por medio de un display muestra el progreso y da una relación progreso-ganancia para motivar a los trabajadores a mantener un ritmo, es decir, el nivel de ganancia relativa al nivel de trabajo que llevan.

15.3.Propuesta C.

Esta propuesta trabaja con un dispositivo alimentado por energía solar, su funcionamiento depende de la interacción del agricultor el cual enciende y apaga el dispositivo. Al inicio de la jornada recibe de forma análoga los valores de recolección del día y crea un plan de trabajo usando como referencia un historial de niveles de temperatura. Los valores climáticos son obtenidos por medio de sensores ubicados en el lote. Las recomendaciones son transmitidas a todo el grupo haciendo uso de un display, y los usuarios van digitando las cantidades recolectadas usando un dispositivo wearable (pulsera o reloj). El sistema va mostrando el progreso utilizando la analogía de "un bulto y la cantidad de manojos que tiene" para mostrar el progreso. Los momentos de pausas y reanudación del trabajo se dan a través de sonido.



La siguiente gráfica muestra las determinantes que con las que cada propuesta cumple.

EVALUACIÓN

- Sistema de solución A
- Sistema de solución B
- Sistema de solución C

Determinantes

	1	2	3	4	5	6
Sistemas A		●		●	●	●
Sistemas B		●	●	●	●	
Sistemas C	●			●	●	●

15.4. Selección de propuesta inicial.

Luego de realizar la evaluación de las propuestas, se llegó a la conclusión de que el sistema de solución B es el que mejor se adapta a los requerimientos del proyecto y al modelo de interacción planteado anteriormente.

Esta selección se da teniendo en cuenta la investigación realizada en el trabajo de campo. Al iniciar las jornadas de trabajo los agricultores solo se enfocan en la actividad de recolección, por ende, es necesario que el sistema sea lo suficientemente autogestionable y que requiera un nivel de información mínima del usuario, además de que pueda comenzar a operar por sí mismo. Adicionalmente, la información que necesita para hacer ajustes al ritmo de trabajo como lo son los niveles de temperatura la calcula a través de sensores, esto favorece la relación entre los agricultores y el sistema ya que les puede brindar información útil sin llegar a representar una molestia y evita que deban realizar acciones diferentes que no estén relacionadas al trabajo del cultivo. Todo esto, le permite al dispositivo crear un plan de trabajo y autogestionarse. Por

último, cabe recalcar que el uso de una representación física para dar feed-back permite generar una apropiación del estrés térmico por parte del usuario y mejorar la interpretación del sistema.



16. Prototipo

16.1. Metodología.

El sistema de solución definitivo tiene como objetivo principal, el control del confort térmico en los recolectores de cilantro cimarrón dentro de unos niveles que permitan reducir los riesgos por estrés térmico. Por ello, el prototipo inicial pretende evaluar la variable cualitativa de confort térmico traducida en términos de ¿Qué tan cansado estoy?, esta variable se selecciona debido a que la fatiga o cansancio es uno de los síntomas más comunes dentro del estrés térmico. De igual manera, será evaluada a lo largo del día de recolección y vendrá acompañada de una serie de recomendaciones de protección entregadas al recolector, dadas por la aplicación del modelo de interacción desarrollado en páginas anteriores que aplica el índice WBGT que permite evaluar si existe riesgo por estrés térmico y a su vez genera los periodos de descanso para contrarrestar dicho riesgo.

Por otro lado, a partir del procesamiento de variables planteando en el modelo de interacción, se realizó la creación de una aplicación de escritorio que hace uso de un algoritmo, que permite obtener el tiempo que debe descansar una persona mientras realiza sus labores diarias con respecto a la temperatura del entorno.

Con la aplicación de este prototipo se espera observar los contrastes de "nivel de cansancio", relacionado con el confort térmico que el recolector experimenta en las distintas etapas del día y así obtener indicios que permitan examinar si la aplicación del modelo de manera continua a lo largo del día permite mantener unos niveles de confort óptimos.

La actividad se llevó a cabo con 1 recolector de cilantro cimarrón, y el nivel de esfuerzo percibido será determinado por medio de una escala numérica que el usuario deberá seleccionar de

0 (Nada) a 10 (Muy, muy duro) (Borg, 1998), teniendo en cuenta la percepción térmica y agotamiento que esté sintiendo en el momento de la evaluación. Esta dinámica será guiada por los investigadores, quienes darán las indicaciones de descansos al recolector y llevarán un registro de todo el proceso. Esto con el fin de que se recolecten datos que cuantifiquen y describan de mejor manera la acción de recolectar cilantro cimarrón, y su vez realizar consideraciones de ajuste al sistema de solución propuesto.

La siguiente grafica muestra los niveles establecido por Borg con respecto al esfuerzo percibido. Esta escala se encontrará impresa en una hoja de papel carta, en donde el recolector debe seleccionar en cada hora del día establecida, el nivel de esfuerzo que siente en ese momento.

NIVELES DE FATIGA

0	Nada
0,5	Muy, muy suave
1	Muy suave
2	Suave
3	Moderado
4	Algo duro
5	Duro
6	
7	Muy duro
8	
9	Muy, muy duro
10	Maximo



Ficha Recolector:

Nombre: Tobías Emanuel.

Género: masculino.

Edad: 36 años.

Aclimatación al entorno: completa.

16.2. Ciclo interactivo.

En base a esto, se realizó la aplicación del modelo de interacción a un ciclo interactivo que contaba con las siguientes partes:

User:

-La temperatura usada para la prueba se obtuvo de la página weather.com calculando la temperatura promedio entre las 10 am y 3 pm un día soleado en el municipio de Dagua, Valle del Cauca, obteniendo 32 °C como resultado.

-El usuario recolector será Tobías Emanuel.

Input:

-Teclado numérico del computador.

System:

-Computador con la aplicación de escritorio y su respectivo algoritmo.

-Se configuró el algoritmo para que respondiera a la actividad de recolectar cilantro cimarrón.

Output:

-El investigador le notificaba al recolector en que momento debía descansar.

En base a las tablas de consumo metabólico del trabajo realizado y la fórmula de descanso, se obtuvieron los siguientes datos los cuales son usados por el algoritmo:

Distribución de tareas de recolección:

1-Recolectar y enrollar manojos: 60% del tiempo total.

2-Moverse para recolectar otras zonas: 30% del tiempo total.

3-Llevar los manojos a la zona de limpieza: 10% del tiempo total.

Asignación de consumo metabólico.

Actividad 1:

Sentado = 0.3 Kcal/min

Trabajo con dos brazos ligero = 1.5 Kcal/min

Actividad 2:

Andando = 2.0 Kcal/min + 0.8 Kcal por metro de subida (1 metro para este caso).

Actividad 3:

Andando = 2.0 Kcal/min + 0.8 Kcal/min por metro de subida (3 metros para este caso).

Trabajo con dos brazos ligero = 1.5 Kcal/min

Con base en esto, la distribución de tiempos y el metabolismo basal considerado de 1Kcal/min tenemos:

$M = 1.8 \text{ Kcal/min} \times 0.6 + 2.8 \text{ Kcal/min} \times 0.3 + 5.9 \text{ Kcal/min} \times 0.1 + 1 \text{ Kcal/min} =$

R// 3.51 Kcal/min = 210.6 Kcal/h

Con el anterior dato se obtiene que el WBGT límite en el trabajo es de 28 °C.



Ecuación de descanso:

Con la temperatura obtenida por weather.com y el proceso de calibración planteando en el modelo de interacción tenemos que:

THN (temperatura húmeda natural) = 28.3 °C.

TG (temperatura de globo) = 30.2 °C.

TA (temperatura seca del aire) = 33.7 °C.

$WBGT = 0.7 \times 28.3 + 0.2 \times 30.2 + 0.1 \times 33.7 =$
WBGT de 29.2 °C en zona de trabajo.

Asumiendo que en la zona de descanso hay un WBGT de 27 °C la operación de descanso queda de la siguiente manera.

(Formula de descanso planteada en el modelo de interacción)

$F_t = ((33 - 27) / (29 - 28) + (33 - 27)) \times 60$ (minutos/hora) = 50 minutos de trabajo por hora.

Es decir que el trabajador bajo estas condiciones deberá descansar 10 minutos cada hora para disminuir el riesgo por factor de exposición a estrés térmico.

El dato anterior es el que se obtuvo después de procesar la variable temperatura inicial en la aplicación de escritorio con el algoritmo.

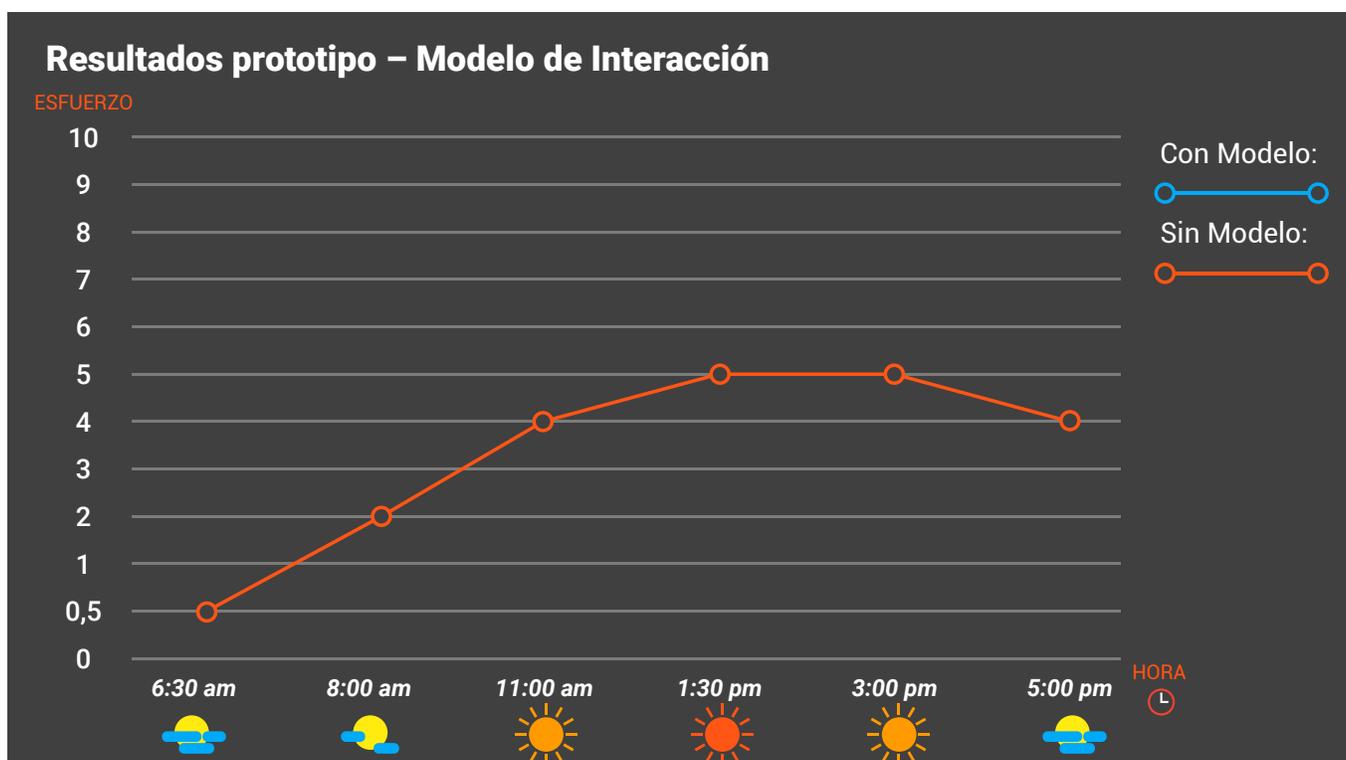


16.3. Resultados Prototipo.

Para contrastar estos datos se tomó como referencia la evaluación del esfuerzo percibido de una jornada normal de trabajo sin la aplicación del modelo de interacción desarrollado y la evaluación del esfuerzo percibido en una jornada con el modelo de interacción aplicado. Además, se realizó el mapeo de los datos obtenidos a un customer journey que tiene como estructura, un gráfico estadístico de polígono de frecuencias. Permitiendo observar y comparar las áreas de interés generadas por la evaluación de la variable cuantitativa niveles de esfuerzo.

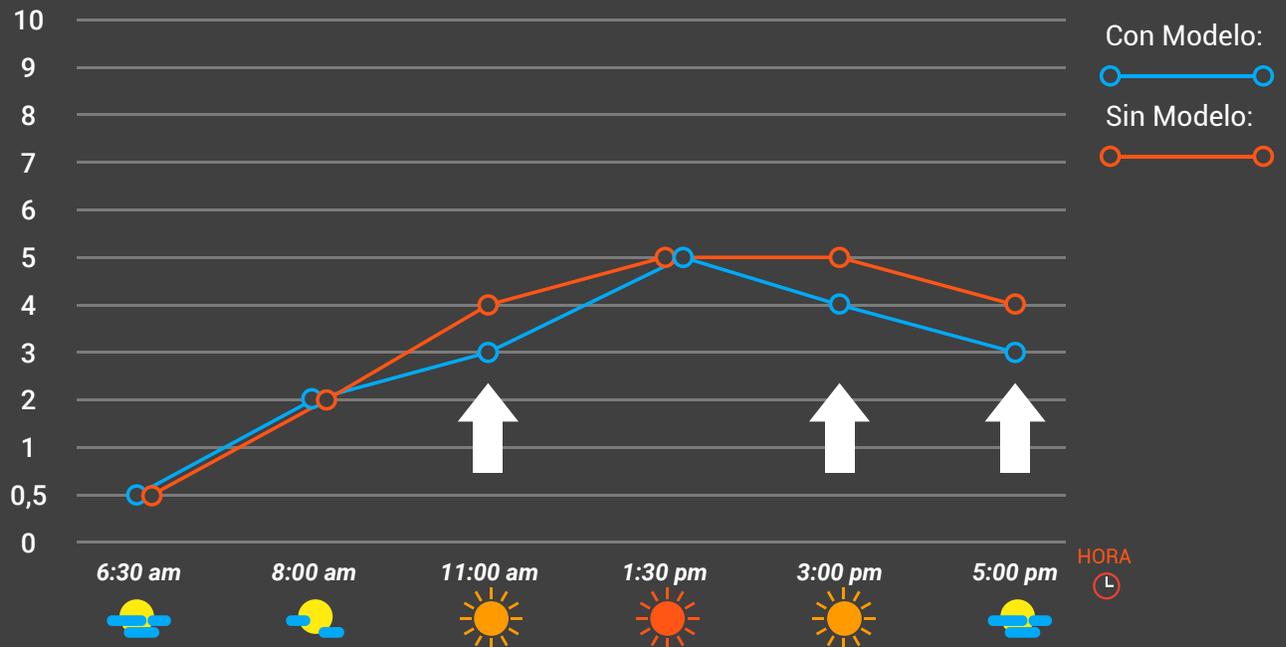
A continuación, se mostrarán los gráficos que dan cuenta de los resultados obtenidos:

Niveles de esfuerzo percibidos en el cultivo de cilantro cimarrón, en un día normal de trabajo con y sin el modelo desarrollado.



Resultados prototipo – Modelo de Interacción

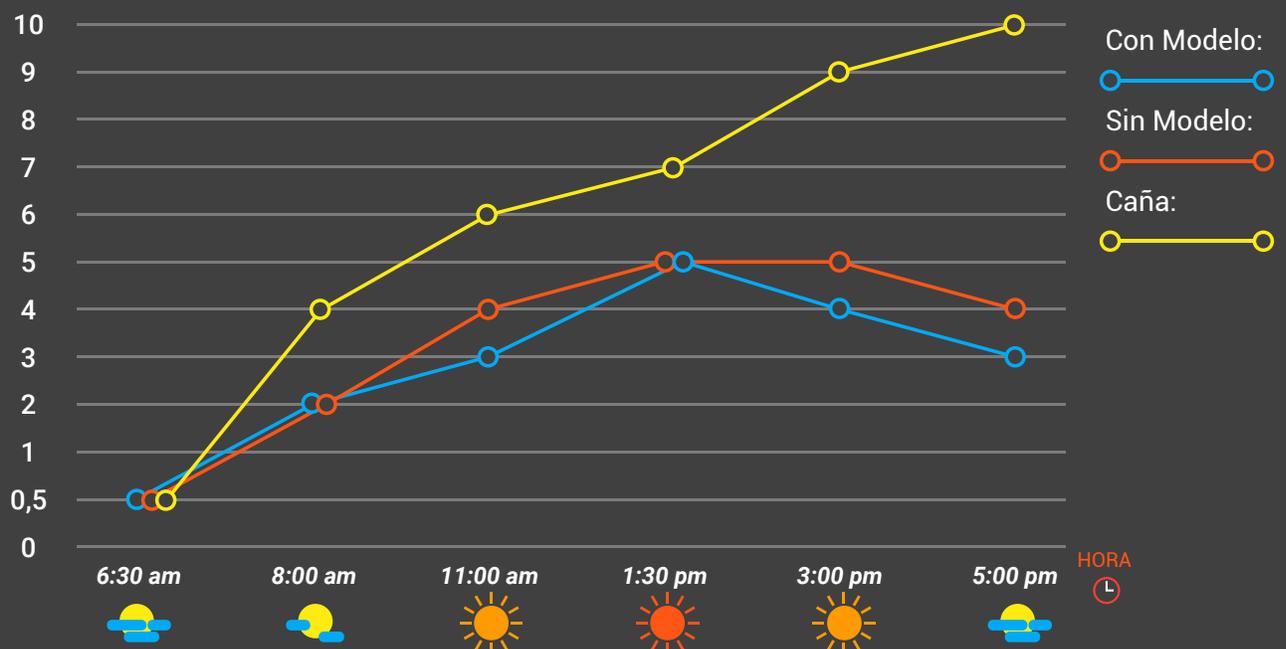
ESFUERZO



La siguiente tabla, contrasta los esfuerzos realizados en otro tipo de cultivo sin la aplicación del modelo desarrollado. Estos datos fueron obtenidos a partir de la percepción que el recolector tenía al trabajar con este cultivo, sin este estar trabajando propiamente en dicho cultivo.

Resultados prototipo – Modelo de Interacción

ESFUERZO



Teniendo en cuenta los datos presentados, es posible observar que, al aplicar el modelo de interacción desarrollado para evaluar y ajustar el nivel de trabajo, el esfuerzo percibido por el recolector tiende a disminuir con respecto al esfuerzo que percibe si desarrollara esa misma labor sin el ajuste del nivel de trabajo.

De igual manera, se pudo evidenciar que dicho esfuerzo percibido puede llegar a variar y aumentar por múltiples factores tales como: estado del clima, condiciones físicas para iniciar la jornada y cantidad de unidades para recolectar. Sin embargo, existe una concordancia con respecto al esfuerzo percibido durante la jornada y el ajuste de nivel trabajo realizado por el protocolo, que indica que, si bien no hubo una mejoría importante del esfuerzo, si permite sostener estos niveles dentro de rangos de esfuerzo aceptables para el recolector como lo son los niveles 4 y 5 en la escala de Borg con el cultivo de cilantro cimarrón.

Interfaz de la aplicación de escritorio con el algoritmo.

Algoritmo-Modelo de Interacción.

32 | °C

Resultado

Descanso= **10 minutos**



17.Solución Final – Protermico

A partir de la idea inicial, las pruebas de prototipo y la retroalimentación realizada por los usuarios, se logró ajustar la propuesta final seleccionada. Protérmico surge a partir del poco desarrollo de dispositivos que interactúen y retroalimenten a los usuarios para controlar y ayudar a regular su exposición al estrés térmico en ambientes calurosos agrícolas de manera continua. Si bien existen herramientas que permiten calcular el índice de estrés térmico, estos dispositivos no pasan de ser instrumentos netamente de medición. Con esto, se pudo evidenciar que al apropiarse los modelos de medición actuales para generar ritmos de trabajo específico y la implementación de un sistema que interactúe y retroalimente de manera constante al usuario, permitirá un mayor control del estrés térmico y facilitará a los usuarios el acceso a esta información que se da a manera de recomendación para reducir el impacto del estrés térmico en su día a día.

Protérmico es un sistema de guía y alerta para aquellos agricultores de cilantro cimarrón que desempeñan sus labores específicamente en entornos calurosos, lo que genera una exposición de niveles de estrés térmico nocivos para su salud. Sin embargo, se debe tener en cuenta que su rango de acción se ve orientado hacia los 725.000 agricultores en general residentes en el campo (DANE, 2016), ya que también poseen altas probabilidades de exposición a entornos con estrés térmico peligroso debido al impacto constante de los rayos solares. Este sistema busca recomendar al usuario, el ritmo de trabajo que debe llevar durante las distintas horas del día tales como los tiempos de descanso y de trabajo mientras se encuentre realizando las labores agrícolas, reduciendo el impacto del estrés térmico en su salud.

Este sistema contará con el modelo de interacción establecido en la investigación. En esta

versión, dicho modelo funcionará a partir de las mediciones en tiempo real, provenientes de sensores de temperatura ubicados en el dispositivo. Estas mediciones constantes, permiten calibrar los ritmos de trabajo cada hora, lo que lo hace mucho más adaptable a las condiciones reales a las cuales se encuentra expuesto el usuario, brindando una mayor precisión y optimización de los tiempos de trabajo.

Teniendo en cuenta el modelo de interacción el ciclo interactivo queda de la siguiente manera.

El diseñador/desarrollador, ajusta el algoritmo del sistema al tipo de trabajo que realizan los recolectores teniendo en cuenta las tablas del consumo metabólico e ingresa la temperatura de la zona donde van a descansar los recolectores. El agricultor ingresará el objetivo de recolección y el promedio de recolección estimado por ahora, a través de botones gestionados por un microcontrolador ubicado en el dispositivo central el cual consistirá en objeto tipo estaca, de aproximadamente 1.20 metros de altura el cual deberá ser enterrado en el suelo por el recolector en un área cercana a donde se encuentre recolectando. Por otro lado, dispositivos secundarios, buscarían complementar al dispositivo principal para mejorar su desempeño. Por ejemplo, un elemento de posible aplicación, sería la canasta que permita conocer la cantidad de unidades recolectadas en un cultivo de cilantro cimarrón, sin embargo, esta aplicación tiende a variar en otros cultivos, ya que necesitaría de otras dinámicas.

Posterior al procesamiento del dispositivo central junto con el algoritmo, los resultados serán comunicados a los recolectores de manera sonora y visual, en donde se usarán parlantes para comunicar mediante alertas los periodos de descanso, indicando en que momento empiezan y terminan. Por medio de un display se dará a conocer si las cantidades recolectadas hasta el momento cumplen o no con los cálculos estimados de recolección para ese momento en base a

los datos ingresados al inicio del ciclo interactivo.

La decisión de usar sonido para comunicar los periodos de descanso tal como lo plantea el modelo de interacción es aprobado y sustentado debido a que, al momento de realizar las pruebas del prototipo, se realizó una lluvia de ideas junto con los recolectores, sobre los elementos más relevantes con los que la propuesta debería contar. El principal, al que hicieron referencia, es que al momento de avisar o alertar sobre los tiempos de descanso, dichas alertas debían darse de manera sonora ya que, si se empleaban medios extremadamente visuales, estos no iban a funcionar de la mejor manera en otros tipos de cultivos tales como la caña, en donde la visibilidad que tienen los recolectores es muy poca. Además, las alertas sonoras permiten una retroalimentación instantánea sobre el estado del sistema sin tener que realizar otro tipo de acciones que no sean las de recolectar, facilitándole al agricultor tomar decisiones en el lugar sin tener que realizar una exploración detallada de la recomendación brindada por el dispositivo.

17.1. Unidad Mínima Viable.

Sin embargo, debemos ser consciente que los componentes tales como, los que permiten llevar el conteo de la producción, los que permiten generar conexiones para manejar los datos y entre otras adecuaciones. Dependen casi exclusivamente del tipo de cultivo y la distribución geográfica donde se realice la actividad. Por ello, se plantea que este proyecto cuente con una unidad mínima de desarrollo, que busca atacar primordialmente el estrés térmico de los agricultores.

Esta unidad se encuentra compuesta por el dispositivo central que se encarga del análisis ambiental de la zona de trabajo, que cuenta con un sistema de alerta sonoro para indicar las recomendaciones de trabajo y permite que el trabajador observe el estado del sistema

a través de un display. Por otro lado, cuenta con una aplicación móvil la cual se conecta a este sistema, permitiendo gestionar las distintas variables requeridas para la configuración relacionada con la actividad agrícola que se lleva a cabo (consumo metabólico). Además, esta permite visualizar la información recolectada por el sistema y su estado. Por último, es pertinente el desarrollo de un dispositivo secundario que tenga la mera función de análisis y envío de datos hacia el sistema central, gracias a los sensores que permiten calcular el índice WBGT generado en la zona de DESCANSO, ya que un análisis constante de esta variable en la zona donde los agricultores se disponen a descansar permitirá un desempeño más preciso a la hora de generar los tiempos de descanso y mitigar el estrés térmico.

17.2. Componentes

Para la realización de la unidad mínima viable, serán necesarios los siguientes elementos para su desarrollo:

Dispositivo central:

Microcontrolador LoRa 32u4: se encarga de hacer el análisis de los sensores y el procesamiento de los algoritmos necesarios para calcular los índices de estrés térmico, generando posteriormente los periodos de descanso, además de gestionar las conexiones de larga distancia gracias a su comunicación por ondas de radio.

Microcontrolador Arduino Pro Mini: este segundo microcontrolador se implementa, para distribuir el procesamiento entre ambos microcontroladores debido a que no todos los componentes podían ser manejados desde un solo microcontrolador.

Display LCD 20x4 con I2C: esta pantalla se encarga de mostrar el estado del sistema de manera visual, además de permitirle al usuario navegar en la interfaz.



Módulo Buzzer: este componente es el encargado de generar las alertas sonoras de descanso, generadas por el Lora 32u4.

Sensor SHT15: permite la medición de la variable temperatura que es usada por los algoritmos para generar los índices de estrés térmico y los periodos de descanso.

Sensor DS18B20: permite la medición de la variable temperatura que es usada por los algoritmos para generar los índices de estrés térmico y los periodos de descanso.

Teclado Matricial 4x4: por medio de este componente el usuario puede ingresar datos al sistema, navegar en él y usar las distintas funciones.

Módulo Bluetooth: posibilita la conexión entre el dispositivo central y el smartphone para poder controlar a distancia el dispositivo central, realizar ajustes de configuración y ver el resumen y estado del sistema.

Board: la placa en donde van a estar soportados y conectados los distintos componentes.

Batería Li-ion 850 mA: provee la energía necesaria para el funcionamiento del dispositivo junto con sus componentes.

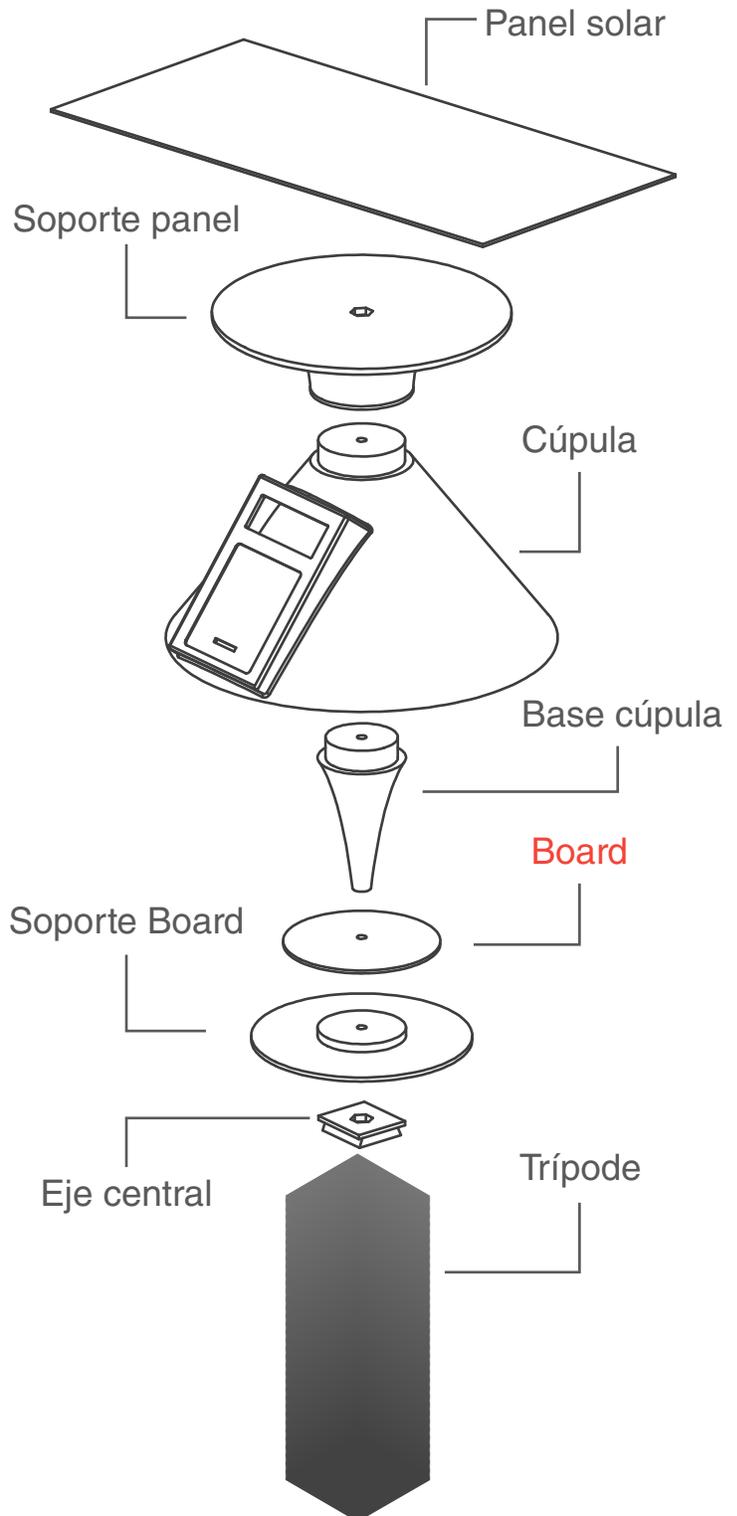
Cargador Solar: permite que el dispositivo funcione al aire libre sin necesidad de estar ubicado cerca de un toma corriente, y carga la batería cada que esta tenga niveles bajos.

El diseño físico del dispositivo fue realizado teniendo en cuenta las condiciones en las cuales este iba a trabajar, ya que los sensores, al encontrarse en el interior del dispositivo, podían estar expuestos a temperaturas mucho más altas de las reales, afectando los resultados de los algoritmos. Por ello, se diseñó un dispositivo ensamblable que permite la circulación de aire en su interior, buscando regular la temperatura de este.

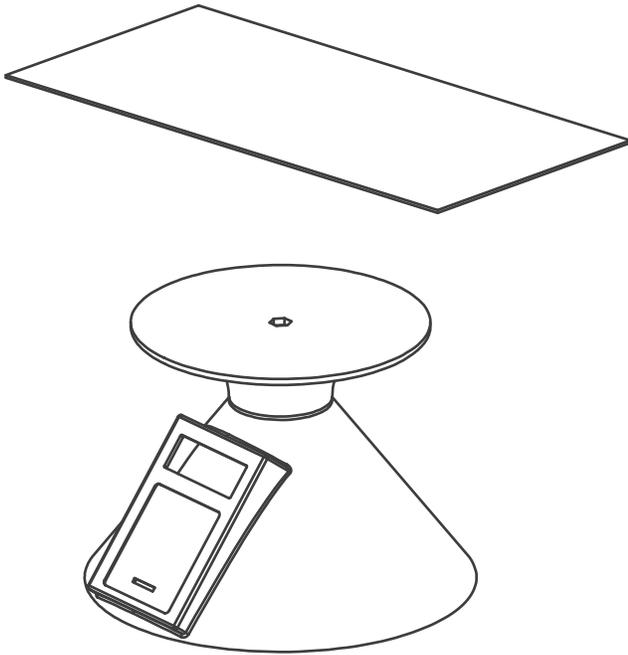
Vistas:

Vista Modular

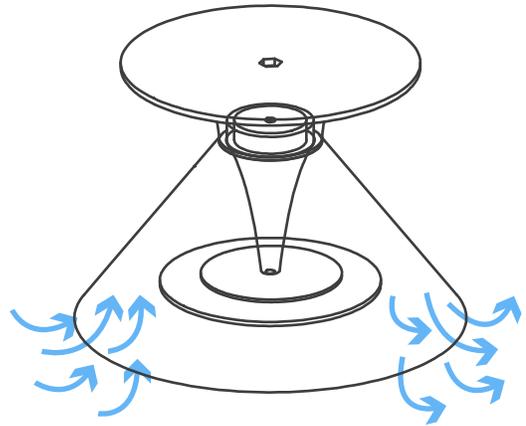
Con red inalámbrica WPAN  Bluetooth™



Vista Ensamblada



Vista Interior (diseño de refrigeración)



Vista Inferior

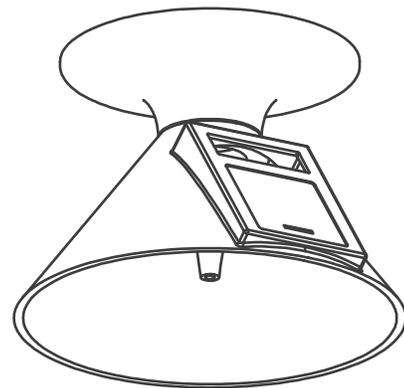
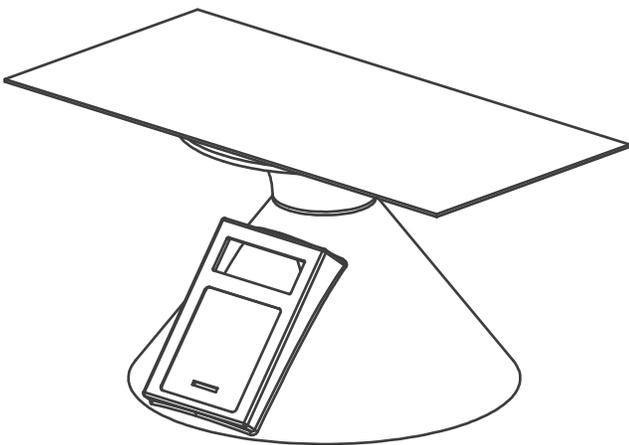
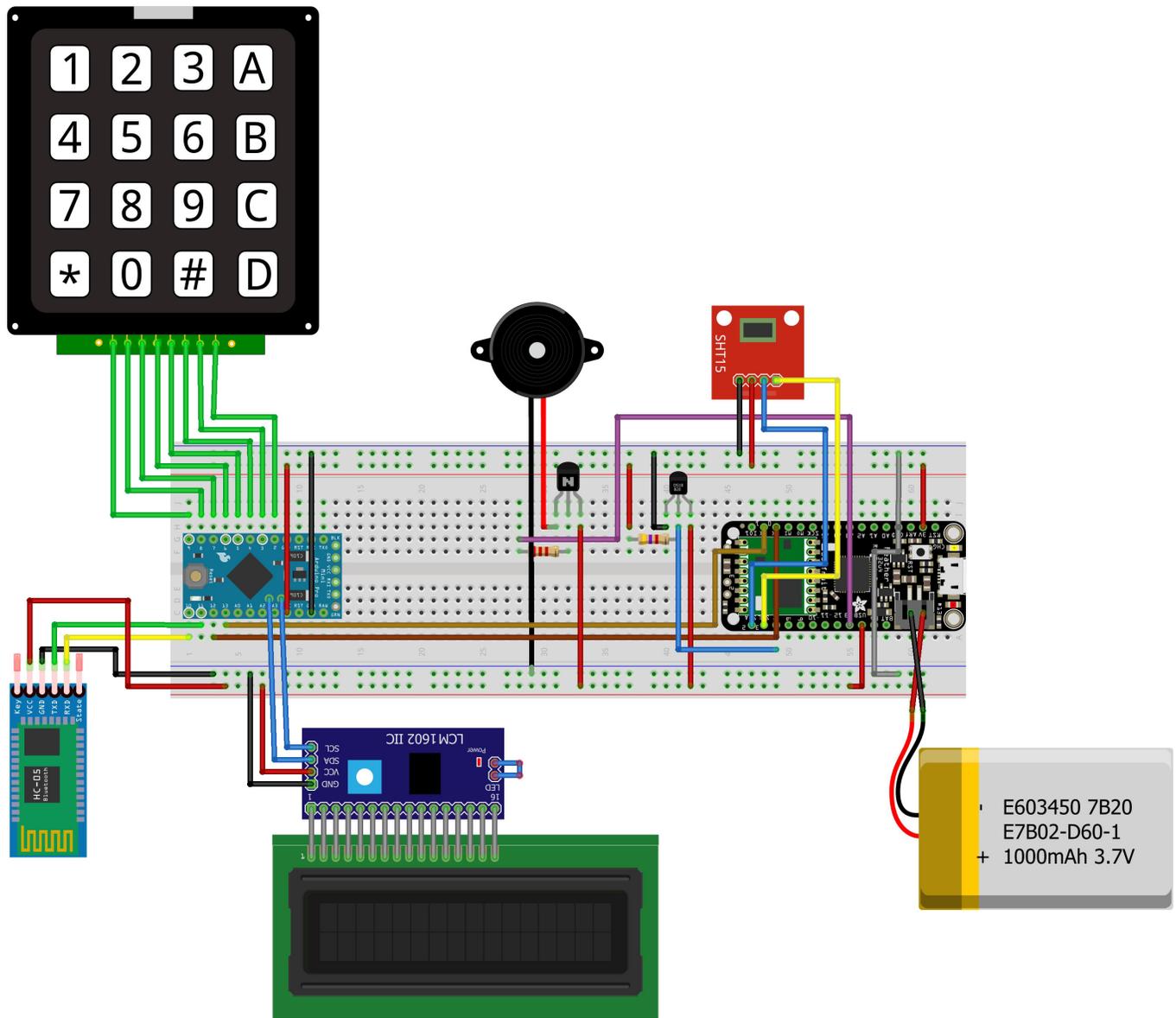


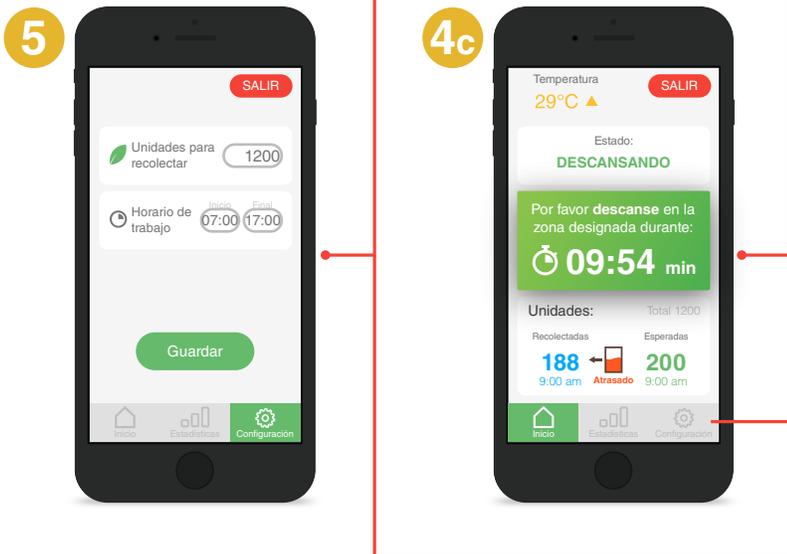
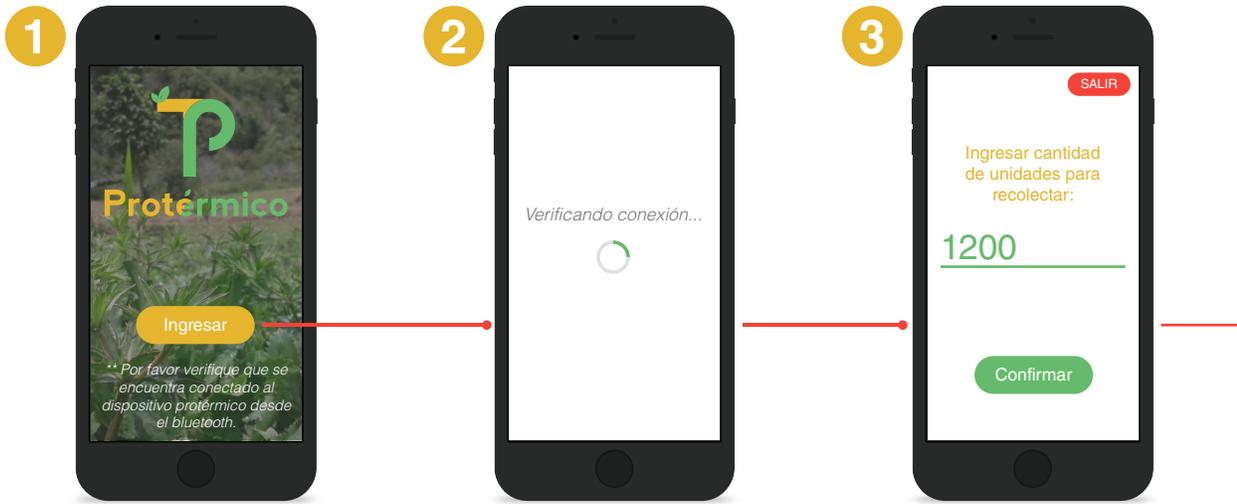
Diagrama esquemático (conexiones)



fritzing



Aplicación móvil



17.2. Viabilidad

Para abordar el progreso del proyecto, y su sostenimiento a mediano y largo plazo, se desarrollaron los siguientes aspectos.

Oferta de valor.

Si bien existen dispositivos en el mercado que permite analizar las condiciones térmicas de los entornos, estos no se encuentran centrados en el usuario y no dejan de ser meros dispositivos de medición que no cuentan con una participación integral en las actividades al aire libre que presentan un riesgo térmico para las personas.

Protérmico, busca mitigar entonces los problemas de salud generados por entornos calurosos. Disminuyendo los tiempos de exposición solar directa gracias a una serie de recomendaciones de descanso que el sistema es capaz de realizar a través de sus sistemas de alerta. Además, aprovechando el monitoreo constante que el dispositivo realiza, se plantea la creación de una red de datos en donde cada dispositivo que se despliegue tenga la capacidad de subir los datos que recolecta a la nube y así crear una plataforma que gestione dichos datos, creando un servicio secundario de acceso y venta de la información recolectada, para aquellos interesados en obtener datos ambientales de determinados lugares del territorio para llevar a cabo investigaciones.

Usuario / Cliente

Se debe distinguir que los usuarios directos del dispositivo son aquellas personas que desempeñan actividades agrícolas en el exterior en entornos con riesgo térmico perjudicial para la salud.

Por otro lado, los clientes que van a adquirir el dispositivo y el servicio de datos se encuentran sectorizados de la siguiente manera: Asociaciones agrícolas, ingenios, ministerio de agricultura y de salud y centros de investigación.

Canales / Ingresos

Inicialmente, por medio de eventos del sector agrícola, crear conexiones y dar a conocer el dispositivo, llegando directamente a los potenciales clientes. Acto seguido, el despliegue de una plataforma web tipo landing-page, permitirá que aquellos interesados en el proyecto tengan un acercamiento más detallado sobre esto, además de proporcionar una vía de comunicación directa en caso de tener la intención de involucrarse con el proyecto. Por último, un despliegue mediático en las redes y en foros agrícolas permitirá generar un mayor flujo de potenciales clientes hacia el landing y los canales de comunicación.

Los ingresos del proyecto se encuentran distribuidos en la venta de los dispositivos protérmico y en el servicio de datos ambientales recolectados producto de estos.



Dispositivo

A continuación, se mostrarán las tablas que indican los costos de realización de ambos productos con su respectivo precio al consumidor.

Componentes	Cantidad	Precio (Unit)	Sub-TOTAL
LoRa	2	\$60.000	\$120.000
Arduino Pro Mini	1	\$36.000	\$36.000
Display LCD TFT 2.8"	1	\$60.000	\$60.000
Módulo Buzzer	1	\$25.000	\$25.000
Sensor SHT15	2	\$143.000	\$286.000
Sensor DS18B20	2	\$6.000	\$12.000
Teclado Matricial 4X4	1	\$5.000	\$5.000
Módulo Bluetooth	1	\$20.000	\$20.000
Módulo Wifi	0	\$20.000	\$0
Resistencias	1	\$1.000	\$1.000
Shield	1	\$50.000	\$50.000
Bateria Li-ion 1000 mAH	2	\$30.000	\$60.000
Cargador Solar	1	\$110.000	\$110.000
		TOTAL=	\$785.000
	Horas de Trabajo	xUnidad	Total
Desarrollo Protermico	30	\$14.500	\$435.000
Desarrollo		Precio	xUnidad
App Movil		\$3.500.000	\$70.000
Plataforma Web		\$7.000.000	\$70.000
Servicios en la Nube (mensual)		\$70.000	\$7.000

Costo base= \$ 1'367.000

Rentabilidad= 34%

Precio Venta= \$ 2'050.000



Datos

El servicio de datos se dará en forma de suscripción, en donde el cliente pagará de manera mensual, por la cantidad de datos que este requiera utilizar. El territorio nacional se encontrará dividido por sectores, y cada sector contará con un valor mensual fijo. En caso de necesitar una gran cantidad de zonas, es posible adquirir la suscripción "Nacional" que permite tener accesos a todos los sectores.

Componentes Plataforma	Sub-TOTAL
Soporte Tipo Lab	\$300.000
Soporte Tipo Industrial	\$1.300.000
Reportes Automáticos	\$150.000
Análisis de datos externo	\$80.000

Desarrollo	Precio	%/Mensual
Plataforma Web	\$7.000.000	\$70.000
Servicios en la Nube (mensual)	\$70.000	\$10.500

Costo Implementación/Men= \$ 610.500

Mensualidades:

Por Sector/Men

\$43.000

Nacional/Men

\$305.000



18. Conclusiones

Anexo B, para ver la prueba de usuario final con el sistema, analizando la incidencia del estrés térmico en los **agricultores** al momento de usar el dispositivo Protermico.

Durante el desarrollo del proyecto se planearon una serie de interacciones y funciones que debía realizar el dispositivo como son conectarse a un teléfono, a internet, dar **feedback** al usuario. Y se previó a nivel de arquitectura de hardware y software que tan viable era una u otra cosa. Se identificó que el dispositivo por la poca capacidad que tiene de procesamiento y limitación de energía, este necesita de algún gestor o sistema centralizado que le ayude a realizar las tareas que no se realizan con mucha frecuencia como lo son consulta y configuración desde el dispositivo móvil, porque si bien son útiles representan una carga de energía en un servicio que no se usa con tanta frecuencia. El dispositivo central debe encargarse de dos tareas: **recolectar datos** y dar feedback. Este por su poco espacio y capacidad de procesamiento, y con el fin de desligar ciertas funciones que necesita el usuario pero que requiere que sean más rápidas y precisas como lo son el procesamiento de datos del ambiente y algoritmo de **estrés térmico**, lo podría hacer un servidor que se comunique periódicamente con el dispositivo central.

Lo anterior implica agregar un endpoint a través de la red o gestor centralizado que extienda el alcance del dispositivo y esto de paso ayudaría a crear las zonas centralizadas que sirve para recolección de datos de nuestro modelo de negocio.

Ahora bien, por medio de la identificaciones de estas necesidades, también se identificaron los conocimientos requeridos para llevarlo a cabo los cuales son: arquitectura de software y red, por otro lado, como las condiciones de la ubicación pueden variar y las condiciones climáticas también, el diseño industrial juega un papel

fundamental para adaptar los componentes físicos al usuario en los distintos contextos.

Con la nueva arquitectura esbozada, la expansión del negocio se haría de manera más fácil debido a que sería posible ejecutar de manera descentralizada, las modificaciones y adaptaciones necesarias al dispositivo para un usuario, permitiendo que sea personalizado, ajustado a sus necesidades y permitiendo el control centralizado de la red para la venta de análisis de datos. De este modo, se cumple el objetivo de poder estar en diferentes contextos sin modificar su funcionamiento principal.

Este sistema puede ser fácilmente replicable en otros sectores, debido a que es un **dispositivo modular** que utiliza otros componentes como extensión para realizar su tarea, es decir, serviría para otro tipo de trabajo que no sea específicamente la **agricultura**. Sin embargo, queda por explorar las distintas necesidad que se pueden presentar que sean comunes entre zonas, ejemplo: lugares rocosos o arenosos en los que el dispositivo llegue a necesitar un tipo de soporte inferior distinto.

A nivel de diseño, se realizó el diseño de lo que sería el dispositivo para funcionar en área rural, además de la tarjeta a la cual se conectan los dispositivos, es decir, la tarjeta electrónica, estos dos elementos permitirían una producción a nivel industrial. Logramos identificar los puntos claves a solventar que fueron mencionados con anterioridad y cumplimos con el enfoque modular que pudiera permitir una aplicación del sistema en diferentes contextos y además, permitiera reducir los riesgos por estrés térmico en labores agrícolas.



19. Referencias

American Cancer Society. (2017). ¿Qué es la radiación ultravioleta (UV)? Retrieved September 10, 2017, from <https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-piel/prevencion-y-deteccion-temprana/que-es-la-radiacion-de-luz-ultravioleta.html>

Atuesta Venegas, M. del R. (2005). Valoración de impactos tecnológicos en el desarrollo social de comunidades rurales. Universidad EAFIT, 41, 9–28. Retrieved from <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/854/760>

Batsungnoen, K., & Kulworawanichpong, T. (2012). Heat Stress Monitor by using Low-Cost Temperature and Humidity Sensors. World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index 71, International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering, 6(11), 1396–1400. Retrieved from <https://waset.org/Publication/heat-stress-monitor-by-using-low-cost-temperature-and-humidity-sensors/9728>

Borg, G. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. Human Kinetics. <https://doi.org/10.1097/00005768-199809000-00018>

Chase, O. A., Sousa De Almeida, J. F., Brito De Souza, J. R., & Tavares Da Costa Junior, C. (2014). Sensory platform architecture for in SITU monitoring the thermal comfort in rural environments - The case study at Federal Rural University of Amazonian, Brazil. Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, 58, 294–300. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2014.08.031>

DANE. (2016). Censo Nacional Agropecuario 2014. Retrieved September 10, 2017, from <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014#2>

Delgado, M., Arrieta, X., & Riveros, V. (2009). Uso de las TIC en educación, una propuesta para su optimización. *Omnia*, 15(3), 58–77. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73712297005>

Díaz Lazo, J., & Pérez Gutiérrez, Adriana Bacallao, R. F. (2011). IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES (TIC) PARA DISMINUIR LA BRECHA DIGITAL EN LA SOCIEDAD ACTUAL IMPACT OF INFORMATION TECHNOLOGY AND COMMUNICATIONS (ICT) TO REDUCE THE DIGITAL DIVIDE IN TODAY'S SOCIETY. *Cultivos Tropicales - Cultrop [Online]*, 32(1), 81–90. Retrieved from <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v32n1/ctr09111.pdf>

Dix, A., Finlay, J., Abowd, G., & Beale, R. (2004). *Human-Computer Interaction* (3rd ed.). Prentice-Hall, Inc. Retrieved from http://fit.mta.edu.vn/files/DanhSach/_Human_computer_interaction.pdf

Dow, D., Lopes, J., Williams, W., Richard, D., Johnson, L., & Zenouzi, M. (2013). Cooling Vest System To Assist Regulation of Core Body Temperature. *Proceedings of the 8th International Conference on Body Area Networks*, 1, 8–11. <https://doi.org/10.4108/icst.bodynets.2013.253702>

Elpais.com.co y Colprensa. (2016). ¿Cuáles son los riesgos de exponerse a los rayos ultravioleta? Retrieved September 10, 2017, from <http://www.elpais.com.co/colombia/cuales-son-los-riesgos-de-exponerse-a-los-rayos-ultravioleta.html>



FISO.org. (2014). Trabajo al aire libre e índice de calor. fiso-web.org. Retrieved from <http://www.fiso-web.org/Content/files/articulos-profesionales/4240.pdf>

Geosalud. (2015). Trabajando en Ambientes muy Calurosos. Retrieved September 10, 2017, from <http://www.geosalud.com/salud-ocupacional/trabajandocalor.htm>

HERRERA, J. S. (2015). Cambio climático hará que la Costa sea más seca y Andes más lluviosos. Retrieved September 10, 2017, from <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15532995>

IDEAM. (2017). IDEAM alerta por aumento de la radiación ultravioleta. Retrieved September 10, 2017, from http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/96oX-gZAhHrhJ/content/id/8546845

Jiménez García, J. (2014). BEYOND THE NUMBERS - A user-centered design approach for personal reflective healthcare technology Proefschrift. Delft University of Technology. Retrieved from <https://research.utwente.nl/en/publications/beyond-the-numbers-a-user-centered-design-approach-for-personal-r>

Kridi, D. S., de Carvalho, C. G. N., & Gomes, D. G. (2016). Application of wireless sensor networks for beehive monitoring and in-hive thermal patterns detection. *Computers and Electronics in Agriculture*, 127, 221–235. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.05.013>

Labordeta, J. A. (2011). ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR. Andalucía. Retrieved from <http://www.ladep.es/ficheros/documentos/ccoo.pdf>

Mendoza, P. (1993). NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT. Instituto Nacional de Seguridad E Higiene En El Trabajo, (1), 1–6. Retrieved from http://www.insht.es/Insh-tWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_322.pdf

MINSALUD. (2014). Prevención y detección temprana, claves para combatir el cáncer de piel. Retrieved September 10, 2017, from <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Prevencion-de-teccion-temprana-claves-para-combatir-cancer-piel.aspx>

Sánchez, G., & Nova, J. (2013). Risk Factors for Squamous Cell Carcinoma, A Study by the National Dermatology Centre of Colombia. *Actas Dermo-Sifiliográficas (English Edition)*, 104(8), 672–678. <https://doi.org/10.1016/j.adengl.2013.01.004>

Sierra Moreno, J., & Velásquez Vallejo, L. F. (2013). Métodos de valoración de la exposición a temperaturas extremas Exposure estimation methods to extreme temperatures. Universidad de Antioquia. Retrieved from <http://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/40943797-11f4-475d-9235-94c98759a2d5/metodos+de+valoración+de+la+expo..pdf?MOD=AJPERES>

SUÁREZ, B. S. B. (2010). Evaluación De Los Factores De Riesgo Físicos Ruido, Estrés Térmico E Iluminación En Los Concesionarios De Una Plaza De Mercado De La Ciudad De Cali. Universidad Autónoma de Occidente. Retrieved from <http://red.uao.edu.co/bitstream/10614/1193/1/TID00333.pdf>



Tabares, V. R. (2017). Protección solar y salud pública. Retrieved from http://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/udea-noticias/udea-noticia!/ut/p/z0/nZHRT8lwEMb_FV72uP-TAMebjsiAJYREVCfTFnF2B09G0tpv639uSa-BASH3hpmuuv_u-K-NsxbjCjrboSCusfb3m6U-t2Wwz6eQlzSJMU8nSeDEeDyc1iCWzK-GnD5H-Fa-IYiH4-eln0o0kAYmLlot4w36HYxqY1mK6G-Vk4oqL

Valverde, R. (2011). Principles of Human Computer Interaction Design. Lambert academic publishing. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/280689716_Principles_of_Human_Computer_Interaction_Design

VIVIR, R. (2017). ¿Por qué Colombia está rompiendo récord de altas temperaturas? Retrieved September 10, 2017, from <http://www.elspectador.com/noticias/medio-ambiente/por-que-colombia-esta-rompiendo-record-de-altas-temperaturas-articulo-679085>



20. Anexos

20.1 Anexo A:

Formato de la entrevista:

*Herramientas: grabadora de audio y libreta.

*Tiempo estimado: 40-60 min aprox.

1. Anotar Nombre, edad y tez
2. ¿Cuáles son las actividades que realiza en el proceso de recolección?
3. ¿Cuál es la actividad que más tiempo toma?
4. ¿Cuál actividad siente que le exige mayor esfuerzo físico?
5. ¿Cree que alguna de estas actividades podría ser hecha de otra manera utilizando alguna herramienta?
6. ¿Qué dificultades se le presentan al realizar su actividad?
7. ¿Cuál es la actividad más recurrente?
8. ¿Qué vestuario deben utilizar para trabajar? cómo es?
9. Se necesita algo en especial o se ha establecido algunas normas sobre la vestimenta?
10. ¿Qué me puede la vestimenta? es incómoda? pesa? lleva muchos elementos como protectores?
11. ¿Toma alguna medida adicional para trabajar bajo el sol?
12. ¿Qué diferencias encuentra entre trabajar en un día soleado o húmedo?
13. ¿Cuál considera es el clima idóneo para reali-

zar su trabajo? por qué?

14. ¿Trabaja en grupo o solo? por qué?

15. ¿Utilizan alguna herramienta para desarrollar su trabajo?

16. ¿Utiliza algún medio tecnológico?

17. ¿Hace uso de algún dispositivo como teléfono, radio, sensores, etc durante su trabajo o durante el día?

20.2 Anexo B:

Prueba de usuario.

Medición de reducción del estrés térmico.

Cantidad de participantes: 3

Edad: promedio de 35 años.

Género: masculino.

Tipo de cultivo: cilantro cimarrón.

Temperatura: oscilante entre los 26 y los 34 grados centígrados.

Durante esta prueba de usuario, se planea evaluar si al usar el dispositivo de reducción de estrés térmico, es posible lograr que el desempeño de productividad de los trabajadores durante el día no se vea afectado y con ello, contribuir a la reducción de riesgos a la salud, ocasionados por el estrés térmico.

La prueba se realiza, inicialmente, conociendo las variables en condiciones de trabajo SIN el dispositivo, para posteriormente comparar estos resultados con aquellos obtenidos en condiciones de trabajo CON el dispositivo, y contrastar los resultados.

Esta prueba se realiza mediante 2 variables cuantitativas y dependientes, evaluando su correlación. Cada variable cuenta con 2 estados,



en donde uno, representa la variable en condiciones normales, es decir SIN la aplicación del dispositivo. El otro estado, representa la variable en condiciones especiales, en donde se realiza la evaluación CON el dispositivo, aplicando todo el sistema. La variable productividad es analizada teniendo en cuenta toda la jornada de trabajo, sin embargo, la variable de exposición térmica es analizada en base a cada hora de trabajo durante la jornada. Generando el promedio que indique el valor de la variable en relación a toda la jornada.

Para obtener la productividad, se cuenta la cantidad total de unidades recolectadas al final de la jornada.

Para la medición de la exposición térmica, se realiza una regla de 3 que arroja un resultado en porcentaje, en base a los siguientes parámetros:

TEM = (60 min - minutos de descanso), tiempo expuesto en minutos por hora.

(Et/h = exposición térmica por hora)

$Et/h = (100\% * TEM) / 60 \text{ minutos (1 hora)}$

Resultados Obtenidos:

En la jornada laboral de los agricultores participantes, de manera grupal, llegan a recolectar aproximadamente 1200 unidades desde las 7 a.m hasta las 5 p.m. En donde de 12 p.m a 1 p.m, es el horario de almuerzo en donde aprovechan para descansar. Es decir, que normalmente, estos se encuentran expuestos al 100% del estrés térmico por hora, debido al ritmo continuo de trabajo. Sin embargo, al aplicar la solución propuesta, los niveles de estrés térmico y productividad se comportaron de la siguiente manera:

Exposición térmica: exposición térmica por hora en porcentaje (Et/h)

SIN (estado): 100% Et/h. En este estado, la variable se mantiene constante ya que el trabajo agrícola se da de manera ininterrumpida.

CON (estado):

7 a.m = 100% Et/h

8 a.m = 100% Et/h

9 a.m = 92% Et/h

10 a.m = 90% Et/h

11 a.m = 83% Et/h

12 p.m = Hora de almuerzo

1 p.m = 80% Et/h

2 p.m = 85% Et/h

3 p.m = 85% Et/h

4 p.m = 95 % Et/h

5 p.m = Fin de jornada laboral

Productividad (de los trabajadores al final del día): en unidades

SIN (estado): 1200 unidades

CON (estado): 1200 unidades

Los datos anteriores, nos muestra, como el descansar durante las distintas horas del día gracias a las alertas de descanso, no logra afectar la productividad final de los agricultores, mostrando una adaptabilidad del agricultor a la situación, además, se logró reducir en promedio durante el día, un **10% de exposición térmica nociva**, permitiendo reducir los riesgos provocados por estrés térmico.

Esto indica que el sistema, permite que el agricultor regule su exposición térmica nociva, sin afectar sustancialmente el desarrollo de sus labores y/o productividad. Cabe recalcar, que condiciones ambientales y de trabajo más extremas, pueden agravar los niveles térmicos de los trabajadores, generando que el dispositivo recomiende periodos de descanso mucho más prolongadas, para poder reducir la exposición térmica extrema a la cual se expone. Este tipo de situaciones, pueden llegara interferir significativamente en las labores de trabajo, ya que para regular estos niveles elevados de estrés, es necesario que el sistema recomiende descansos más extensos.





Protérmico

