

**CONCEPTUALIZACIÓN DE UNA GUÍA PRÁCTICA PARA INTERFACES  
HOMBRE – MÁQUINA HMI DE ALTO RENDIMIENTO,  
PARA LA EMPRESA OMNICON S.A.**



**LISSETH XIOMARA VILLA ORDOÑEZ  
SANDRA XIMENA MEDINA ZEMANATE**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL  
POPAYÁN  
2015**

**CONCEPTUALIZACIÓN DE UNA GUÍA PRÁCTICA PARA INTERFACES  
HOMBRE – MÁQUINA HMI DE ALTO RENDIMIENTO,  
PARA LA EMPRESA OMNICON S.A.**



**LISSETH XIOMARA VILLA ORDOÑEZ  
SANDRA XIMENA MEDINA ZEMANATE**

**ANEXOS**

Proyecto presentado como requisito para optar al título de  
Ingenieras en Automática Industrial

**DIRECTOR:  
ING. OSCAR AMAURY ROJAS ALVARADO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL  
POPAYÁN  
2015**

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág</b>
Anexo A. Disposiciones en una sala de control .....	6
Anexo B. Lo que se espera de las interfaces HMI de Alto Rendimiento.....	8
Anexo C. Ergonomía en las pantallas HMI de Alto Rendimiento.....	9
Anexo D. Seguridad de las interfaces HMI de Alto Rendimiento.....	11
Anexo E. Manejo de factores que afectan las interfaces HMI de Alto Rendimiento.....	13
Anexo F. Administración de personal en las interfaces HMI de Alto Rendimiento.....	16
Anexo G. Tabla 3. Funciones básicas dentro de la elaboración de interfaces HMI, para llegar a un Alto Rendimiento. ....	20
Anexo H. Tabla 4. Funciones de nivel medio para la elaboración de interfaces HMI, para llegar a un Alto Rendimiento. ....	23
Anexo I. Tabla 5. Funciones más complejas en la elaboración de interfaces HMI y llegar a un Alto Rendimiento. ....	25
Anexo J. Tabla 6. Funciones, recursos, tiempo y alcance para culminar la elaboración de una interfaz HMI y llegar a un Alto Rendimiento. ....	26
Anexo K. Plan de implementación del proyecto .....	30
Anexo L. Tabla 7. Criterios de selección del software de programación más acorde, para los HMI.....	34
Anexo M. Secuencia de preguntas de la encuesta de validación de la guía para interfaces HMI de Alto Rendimiento. ....	38
Anexo N. Corrección del certificado de apoyo de la empresa OMNICON S.A. en el desarrollo del proyecto de grado.....	43
Anexo O. Resolución de la aprobación del anteproyecto. ....	44
Anexo P. Certificado de aprobación de la tesis en OMNICON S.A .....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	46

## LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Niveles sonoros .....	9
Tabla 2. Principios que afectan la productividad de los operarios .....	13
Tabla 3. Niveles de Iluminación. ....	14
Tabla 4. Funciones básicas dentro de la elaboración de interfaces HMI para llegar a un Alto Rendimiento .....	23
Tabla 5. Funciones de nivel medio para la elaboración de interfaces HMI, para llegar a un Alto Rendimiento. ....	25
Tabla 6. Funciones más complejas en la elaboración de interfaces HMI y llegar a un Alto Rendimiento. ....	26
Tabla 7. Funciones, recursos, tiempo y alcance para culminar la elaboración de una interfaz HMI y llegar a un Alto Rendimiento. ....	30
Tabla 8. Criterios de selección del software de programación más acorde, para los HMI.	34

## LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Directriz para un diseño ergonómico.....	9
Figura 2. Señales geométricas utilizadas en la seguridad de la planta y del proceso .....	11
Figura 3. Colores empleados en la seguridad de la planta.....	12
Figura 4. Seguridad en el mando.....	12
Figura 5. Protección del mando .....	12
Figura 6. Parámetros para lograr pantallas HMI con Alto Rendimiento. ....	39
Figura 7. Mapa de los niveles jerárquicos de las pantallas HMI de Alto Rendimiento. ....	39
Figura 8. Navegación entre las pantallas que conforman un HMI de Alto Rendimiento....	40
Figura 9. Área de molienda del proceso de fabricación de Caña de Azúcar. ....	40
Figura 10. Área de caña del proceso de fabricación de Caña de Azúcar. ....	41
Figura 11. Pantalla dela vista general del área 1 del proceso con Alto Rendimiento.....	41
Figura 12. Presencia del método 3 de las alarmas en un proceso. ....	42

## ANEXO A

### DISPOSICIONES EN UNA SALA DE CONTROL

El espacio de trabajo se adecua teniendo en cuenta al operador, analizando la cantidad de pantallas físicas, el diseño y el acceso a las herramientas de comunicación, para no afectar el desempeño de la supervisión. Considerando puntos claves dentro de la sala de control como la iluminación, la temperatura, el ruido, el tráfico, el confort, la cantidad de pantallas, la disponibilidad de teclados, la altura de las consolas, la ergonomía y el equipo de apoyo [1].

Una sala de control se debe caracterizar por minimizar las distracciones y estar separada de las zonas de planificación y de la de gestión de mantenimiento. Con cada integrante de la planta, como ingenieros, supervisores, gerentes, técnicos, entre otros; existe el compromiso de una asignación de un lugar propio en el que lleven a cabo sus actividades, de tal manera que no influya en el desempeño ni distraiga a los demás, y con un acceso a la información generada del proceso mediante las pantallas de supervisión, puesto que los únicos que deben tener acceso directo con el proceso son los operarios [1].

La adecuación de la sala de control consiste en que se identifique el rol de cada operario y que cada uno sea consciente de quien debe tomar las decisiones, a pesar de que los sistemas estén bastante automatizados; corroborando que por más autónomo que sea un sistema, se llega a un punto donde es necesaria la intervención humana. Prestándole atención al mantenimiento, seguridad y ergonomía como lo estipula la norma ISO 11064-1, en donde se especifican cinco fases que incluyen una clarificación, análisis y definición, diseño conceptual, diseño detallado y feedback operacional. Por otro lado, con unas fases claras del modelo de un proceso se verifica el cumplimiento de los requisitos, la elaboración del diseño, la construcción de prototipos, la ejecución de pruebas y las evaluaciones respectivas [2].

Por el contacto continuo de las personas con el sistema, construir unos requisitos de usabilidad es de gran ayuda si se quiere detectar y hacer un análisis etnográfico, una contextualización de tareas, elementos, plataforma, perfil del entorno y los objetivos de la sala de control y que sea un sistema accesible y funcional. Adaptando un marco de facilidad de aprendizaje, consistencia, flexibilidad, robustez, recuperabilidad, tiempo de respuesta, adecuación a las tareas y reducción de la carga cognitiva [2].

En cuanto a la ergonomía en el diseño de la sala de control, se estipulan dos fases, la primera es la física que se compone de la antropometría, un diseño en función de la población, el espacio, la posición, los planos, el área de trabajo, distribución de las tareas en cuanto a la interacción Persona – Máquina, los dispositivos de acción y control. La segunda fase es la ergonomía cognitiva que involucra la interacción hombre- máquina y la formación como tal [2].

Debido a que este proyecto tiene como prioridad los procesos industriales, se tiene en cuenta la seguridad industrial respectiva, mediante una correcta adquisición y

almacenamiento de datos, monitorización y vigilancia de las variables del proceso, el control y supervisión sobre los autómatas y los reguladores industriales, re configuración, la detección y diagnóstico de fallos [2]. Se finaliza concluyendo que en el diseño de la sala de control se concretan todas las herramientas necesarias para el análisis de tareas, los modelos conceptuales, guía de estilo, diseño detallado y arquitectónico; enfocado a un correcto desempeño de la supervisión, monitoreo y control del proceso. Facilitando una adecuada visión del proceso y de la información generada, dándole un adecuado manejo a las tendencias, alarmas y a la toma de decisiones [2].

## **ANEXO B**

### **LO QUE SE ESPERA DE LAS INTERFACES HMI DE ALTO RENDIMIENTO**

En la industria actualmente se usa una amplia gama de pantallas de alta calidad, entre las que se destacan las anchas y con resolución HD, pero para las aplicaciones de la sala de control de los HMI de Alto Rendimiento se sugieren las LCD, quienes no presentan problemas con el resplandor y facilitan el manejo de buenos gráficos. También se utilizan pantallas táctiles, para un funcionamiento exacto y fiable de los usuarios industriales, basándose en las exigencias que solicita el usuario, al igual que un buen diseño de pantallas para reducir el tiempo en la toma de decisiones y un trabajo más productivo [3].

Seguido a esto, se espera que los DCS y los HMI en el futuro asimilen y muestren las capacidades del PC del futuro y aunque sea un poco obsoleto se genere un impacto sobre el HMI industrial y el paradigma del operador de la planta. En el PC se podrán aceptar y procesar comandos de voz, permitiendo la traducción de idiomas en tiempo real e incorporar gestos; las acciones de control no serán realizadas por secuencias de botón pulsado sino que se deberá implementar una técnica más adecuada. Las pantallas de alta resolución se integrarán en anteojos, para que el operador no tenga que estar en la misma ubicación o consola y pueda moverse sin preocuparse por la información de la pantalla, es decir, usar una transmisión inalámbrica de video de alta resolución muy parecida al Bluetooth, para eliminar cables entre dispositivos. Las cámaras serán de bajo costo y más pequeñas, permitiendo situarlas en varios lugares de la instalación industrial; y el operador también se localizarán donde desee, siempre y cuando haya una comunicación fiable y segura; en otras palabras el HMI mostrará exactamente donde está localizado y qué está haciendo. Se espera que en el 2020 aproximadamente, se pueda permitir un acceso a la red con una alta velocidad, mediante una ventana virtual en los lentes de sol; aunque esto sólo causa curiosidad, se puede obtener respuesta a cualquier pregunta disponible, a través de una búsqueda web o un asistente personal digital [1]. “El sistema de control de proceso será capaz de asesorar al operador sobre situaciones anormales, sus causas, las consecuencias y las medidas correctivas necesarias. Esta capacidad será subutilizada debido a la inversión de tiempo necesaria de los ingenieros con conocimientos sobre el sistema” [1].

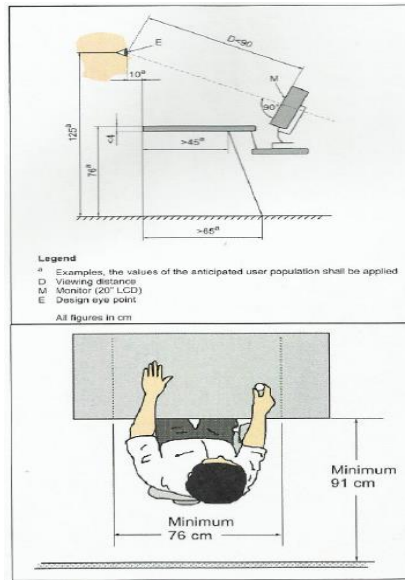


## ANEXO C

### ERGONOMÍA EN LAS PANTALLAS HMI DE ALTO RENDIMIENTO

Debido a las características de frecuencia, variación, contenido, predictibilidad y subjetividad del ruido, éste interfiere en las capacidades de trabajo, pues la mayor sensibilidad está localizada entre los 500HZ y 5000HZ, presenciado en la Figura 1. Los niveles sonoros se presentan en la Tabla 1, enumerando los tipos de edificios, zonas y nivel sonoro en decibeles [4,5].

Figura 1. Directriz para un diseño ergonómico.



Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008. P. Ponsa, M. Díaz, A. Catalá. Aquilindo Rodriguez Pinin, Marcom.

Tabla 1. Niveles sonoros.

TIPO DE EDIFICIO	ZONA	NIVEL SONORO EQUIVALENTE (dBA), DE 8h A 22h
<b>RESIDENCIAL</b>	Estancias	45
	Dormitorios	40
	Servicios	50
	Zonas comunes	50
<b>ADMINISTRATIVO</b>	Despachos	40
	Oficinas	45
	Zonas comunes	50
	Zonas comunes	50
<b>DOCENTE</b>	Aulas	40
	Salas de lectura	35
	Zonas comunas	50
	Zonas comunas	50

Fuente: P. Ponsa, M. Díaz, A. Catalá. Aquilindo Rodriguez Pinin, Marcom.

Para evitar toda la problemática que gira en torno a tener un adecuado sitio de trabajo, se deben establecer estrategias para mitigarlos, tales como la capacidad de adecuación de las tareas, controlabilidad, es decir conformidad con las expectativas del usuario, tolerancia a errores, facilidad de aprendizaje, presentación de la información, usabilidad y establecer requerimientos para las pantallas a color. Para entenderlo mejor, se busca diseñar un software y contar con un entorno de trabajo, de tal manera que existan herramientas de interactividad para lograr sus objetivos con eficacia y eficiencia. Deben existir sistemas de diálogo, para que el operario conozca los resultados a los cuales puede conducir sus acciones, pero a la vez de poder dirigir con facilidad el curso de las tareas, pero sobre todo que cada parte hasta por pequeña que sea se debe elaborar bajo los criterios y las normas establecidas, garantizando la seguridad del operario a lo largo del desarrollo de cada etapa del proceso [6].

Mediante la producción de un diseño ergonómico, la Organización Internacional de Normalización ISO, abordó en el estándar ISO 11064 una adecuada sala de control y una ergonomía abordando ocho pasos, que inician con una determinación de los trabajos a realizar, información decretada por las tareas cuyos requisitos determinan el diseño de las interfaces HMI e influyen en el número de pantallas por consola. Las tareas a realizar surgen de los puestos de trabajo y al unificar las necesidades de los usuarios, la ubicación de la consola quien dicta la distribución de la sala de control, el número de posiciones de operaciones, las capacidades de las interfaces HMI y el análisis de la carga de trabajo, el diseñador pacta la elaboración completa de la sala de control [1].

En la práctica, éstos pasos tienen dificultades en cuanto a la planificación de la construcción, el diseño de proceso y los costos a los que concierne. Idealmente se busca establecer los elementos o eventos que funcionan bien, las causas del estrés, lo que hace tedioso el trabajo del operador y darle soluciones. Se encuentran distintos elementos que afectan de manera positiva la sala de control, al personal y a las áreas de apoyo; estos elementos en práctica son: la conciencia situacional, reducción del estrés, distracciones y perturbaciones externas, mejora del estado de alerta, administración del flujo de personal, buena comunicación y colaboración [1]. Estos elementos proporcionan una fuente vital para contar con unas operaciones normales, enfrentar situaciones críticas, adecuada planificación de emergencias y sus respuestas, pero sobre todo la participación de los usuarios en el diseño de las interfaces HMI.

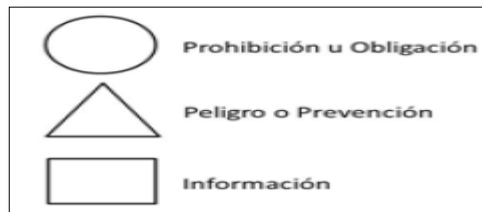
## ANEXO D

### SEGURIDAD DE LAS INTERFACES HMI DE ALTO RENDIMIENTO

Siendo la seguridad un punto clave que se debe estudiar y comprender bastante, pues resulta necesario cuidar y evitar factores externos e internos que afecten el proceso, de diversas maneras. Por otra parte, se puede anotar que los principales campos de acción respecto a la seguridad involucran desde el acceso, hasta la salida de información. Pero hay algo que mueve en sí el proceso, y es la receta, pues en ella se establece el paso a paso de la elaboración de productos, por tanto se debe facilitar el almacenamiento y recuperación de datos de la receta, además también el exigir una contraseña para accionar el inicio, paro o finalización del curso de una receta establecida [6].

Dentro de las alarmas debe estar contemplada la seguridad, de tal modo que se proporcione un mensaje de prevención dado el caso de que se viole la seguridad del sistema, indicando con colores y formas los lugares, equipos o situaciones que impliquen riesgos para el proceso y para las personas. De los anteriores diseños de interfaces HMI, se puede rescatar lo contemplado en la norma Colombiana “NTC 146 HIGIENE Y SEGURIDAD. COLORES Y SEÑALES DE SEGURIDAD”, para no olvidarse de incluir parámetros de señalización y uso del color, aunque si bien es cierto, la señalización se puede ubicar en la interfaz, en la sala de control o al interior de la planta; pero teniendo cuidado de no ir a violar los principios de Alto Rendimiento. Para ejemplificar las anteriores apreciaciones se cuenta con las Figuras 2 y 3, corroborando el uso de los símbolos de la Figura 2 en las alarmas, al igual que los colores rojo, amarillo y naranja, excepto el verde y azul que se pueden emplear dentro de la planta mas no dentro de la interfaz, para mantener todo bajo los principios sugeridos de Alto Rendimiento [6]:

Figura 2. Señales geométricas utilizadas en la seguridad de la planta y del proceso.



Fuente: Sandra Paulina Valencia Aguilar, 2012.

Inmerso en el proceso hay elementos de accionamiento del mismo, los cuales también hacen parte de la seguridad, aunque deben ser diseñados para que sean fiables y seguros, para que no conduzcan las operaciones a estados riesgosos y le den curso correcto a la lógica de operación. La seguridad en estos elementos también consiste en que se diseñen de tal forma que no se activen involuntariamente, y se puede ejercer supervisión a cada uno de ellos. Muestra de los mensajes de seguridad con respecto a estos elementos se presentan en la Figura 4 y Figura 5, en donde ni por gusto ni por error

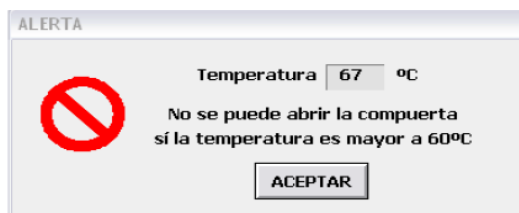
se puede llegar a provocar una falla. Habría que decir también que siempre existirá el riesgo a caer en un error [6].

Figura 3. Colores empleados en la seguridad de la planta.

COLOR	CONTRASTE	SIGNIFICAO
Rojo	Blanco	Prohibición
Amarillo o Naranja	Negro	Peligro o prevención
Azul	Blanco	Obligación
Verde	Blanco	Información

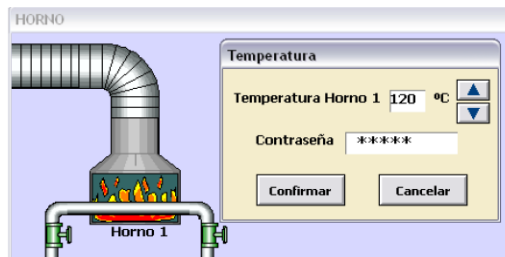
Fuente: Sandra Paulina Valencia Aguilar, 2012.

Figura 4. Seguridad en el mando.



Fuente: Sandra Paulina Valencia Aguilar, 2012.

Figura 5. Protección del mando.



Fuente: Sandra Paulina Valencia Aguilar, 2012.

Al mismo tiempo que existe seguridad para los elementos de accionamiento, existe una seguridad para los dispositivos de parada. Definiendo dos tipos de paradas, la primera la normal y la segunda es la de emergencia; para la primera el diseño del sistema debe contar con un elemento de accionamiento que genere el paro de la planta, del proceso o de un equipo específico, garantizando condiciones seguras para el proceso en sí, para los operarios y para la empresa. La parada de emergencia, debe tener igualmente un elemento de accionamiento, para el paro de una parte del proceso, de una serie de equipos o de uno en especial, interrumpiendo la alimentación de los accionadores, hasta que la situación no esté del todo controlada. Admitiendo que una parada tiene prioridad frente a las demás ordenes de puesta en marcha del sistema [6]. Las normas de seguridad y de cumplimiento han persuadido a muchos operarios a reemplazar sus HMI tradicionales por unos de mejor desempeño, para tener una vida más fácil, segura y rentable.

## ANEXO E.

### MANEJO DE FACTORES QUE AFECTAN LAS INTERFACES HMI DE ALTO RENDIMIENTO

Existen diversos factores que afectan la productividad de los operarios, tales como los que se ven en la Tabla 2.

Tabla 2. Principios que afectan la productividad de los operarios.

PRINCIPIO	FACTORES	EJEMPLOS
1	Internos	Situaciones del hogar, estados emocionales, personalidad, salud y bienestar.
2	Externos	Arquitectura, medio ambiente, temperatura, humedad, iluminación, brillo, vibración, ruido, rotación de turnos, horas de trabajo, autoridad, responsabilidad, canales de comunicación y estructura organizativa.
3	Estrés psicológicos	Velocidad del trabajo, riegos, amenazas, problemas de vigilancia, falta de reconocimientos y de apoyo.
4	Estrés fisiológico	Ansiedad, miedo, dolor, malestar, enfermedad y fatiga.

Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008.

**E.1 DISTRACTORES.** Las operaciones en la sala de control, necesitan acceso constante a noticias y canales meteorológicos, provocando distractores en cuanto al volumen que necesitan el radio y la música. Por tanto se restringe el uso de los auriculares para la música, usado de modo personal porque impide la buena comunicación y colaboración, pero se permite el uso de altavoces con un volumen modesto que no interrumpa el curso de la operación [1]. Se restringen las llamadas a los teléfonos que tienen conexión interna y externa a la consola, ya que al recibir llamadas de terceros sin mayor importancia causan distracción, limitando el uso a las que son importantes y re dirigiéndolas a los operarios menos ocupados; perjudicial también ha sido el uso excesivo de celulares dentro del control del proceso, el cual idealmente se espera se use en situaciones de máxima urgencia. Otra situación que distrae es cuando la sala de control se convierte en un lugar de encuentro, las largas conversaciones ocupan el tiempo de la supervisión y no permite estar 100% concentrados en la presencia de alguna anomalía. El nivel de iluminación, personas caminando de un lado a otro, espera de permisos o asesorías, conversaciones en torno a temas no relacionados con el proceso, son circunstancias que ocasionan fatiga en los operadores y reducen su grado de atención. El uso del correo electrónico es indispensable para la transmisión de órdenes, solicitudes, recomendaciones, reuniones, con el fin de generar una buena comunicación entre los trabajadores, mayor disciplina y responsabilidad [1,7].

**E.2 ACÚSTICA.** La familiarización de la acústica de la sala de control se da con los sistemas de ventilación, calefacción y aire acondicionado HVAC (*Heating, Ventilating and Air Conditioning*) en cada cuarto, esperando el correcto mantenimiento de la temperatura, la humedad y demás. Este sistema requiere ajustarse adecuadamente para cumplir con

las cargas calculadas, instalarse de tal modo que la presión esté dentro de las especificaciones del fabricante y del diseño, sellar los conductos de suministro y de retorno, instalar un sistema de retorno, evitar que entre aire de zonas contaminadas y mantener neutral la presión en la sala de control, balanceando la corriente de aire entre el sistema de suministro y el de retorno, minimizar pérdidas o ganancias de temperatura, y una adecuada operación del quemador [8]. Las técnicas de acústica sirven para corregir el ruido de los equipos, el sonido continuo de las alarmas y otros sonidos incómodos, empleando paneles para que lo absorban, cambiando el ángulo de la ubicación de las ventanas en siete grados, reparando la reflexión de las ondas sonoras en el suelo y techo, haciendo participe de la remodelación a ingenieros de sistemas HVAC y arquitectos. 50 dBA (decibeles) es un nivel acústico ideal, pero normalmente se encuentra 60 dBA y con esto se plantea una especificación de 10 a 15 dBA por encima del nivel de fondo, para las alarmas [1].

**E.3 ILUMINACIÓN.** Recordando que dentro del diseño de gráficos de Alto Rendimiento, el color gris para los fondos minimiza el brillo y la reflexión en las pantallas, los niveles de iluminación de la sala comprometen las paredes, techos, suelos y bajo condiciones ideales se miden en Lux, así (Tabla 3) [1]:

Tabla 3. Niveles de Iluminación.

NIVEL – Lux	DESCRIPCIÓN
200 a 250	Poca iluminación.
400	Intensamente brillante.
500	Apropiado para un cuarto de control.
1000	Intensamente brillante.
2500	Es utilizado para la llamada “terapia de luz brillante” en ciertos trastornos psicológicos.

Fuente: **The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008.**

De la Tabla 2, existen rangos claros de los que son más adecuados dependiendo el manejo que se le quiera dar a dicha iluminación, por ejemplo los que son menores a 250 Lux suministran entornos de falta de atención a los detalles e incluso somnolencia y si se varía constantemente engendran tensiones en los ojos, hiperactividad, dificultad para conciliar el sueño y aumento en la productividad. Se recomienda por tanto destinar 500 luxes constantes, atendiendo más el detalle, la conciencia de la situación, productividad y factores humanos [1].

**E.4 BRILLO.** El brillo se regula aumentando o disminuyendo la intensidad, dependiendo de la agudeza visual de cada trabajador y no con un valor predeterminado como se solía efectuar antes, que era en un 80% dentro del rango de 10 a 100%, por los colores grises y apagados [9].

El brillo en las figuras de las interfaces, ayuda a contemplar el estado de funcionamiento de los equipos, seguido de una palabra de aclaración, indicando que todo está bien o por lo contrario que se ha presentado alguna anomalía; se puede atribuirle la función de una

bombilla para representar la marcha, sin la vista de colores rojos o verdes en las operaciones adecuadas [1,10].

**E.5 REFLEJO.** Cuando las imágenes reflejadas en la pantalla son de alto contraste, empeoran su percepción, es decir cuando una pared es oscura, las ventanas se encuentran abiertas, entra la luz del sol directamente, causan un efecto de reflexión de alto contraste, minimizando la visión completa de las interfaces; con lo que es conveniente adoptar las prácticas de ergonomía y manejo de factores planteados en esta investigación. Otra solución adicional, es elaborar un estudio del sitio a ubicar las pantallas, mirar riesgos, factores que no permitan un correcto monitoreo, proponiendo modelos y validándolos, escogiendo la mejor solución principalmente respecto a su ubicación [1]. Si se buscan estrategias para reducir el brillo y la reflexión, se tiene que empezar por evitar techos y paredes oscuras, iluminación uniforme, bajo constaste en los elementos externos a las pantallas, anuncios publicitarios y accesorios fluorescentes que producen sombras oscuras debajo de los elementos que están conectados a las paredes y se debe situar la luz, de tal manera que provenga desde arriba, en ángulos pequeños y verticales, porque de lo contrario causa reflejo en las pantallas por el alto contraste [1].

**E.6 ANIMACIONES.** Ya dentro del enfoque de alto rendimiento, se elimina en gran manera el porcentaje de animación, pues se pretende que el operador cuente con la información necesaria, sin distracciones para la correcta toma de decisiones y para que el proceso funcione adecuadamente. Todo esto justificado dentro de los principios básicos de las interfaces HMI de Alto Rendimiento. El objetivo principal es proporcionar a los trabajadores un formato claro y de fácil intuición, cargado de la información que ellos necesitan, minimizando la generación de errores y para lograrlo se establecieron principios, algunos de ellos son los de claridad, consistencia y retroalimentación; ayudando a diseñar reglas las cuales se comprobaran con los resultados de los gráficos y atributos como [1]:

**E.6.1** Una atención del operador enfocada en la información crítica [1].

**E.6.2** Eliminar la confusión y los errores con un diseño consistente de interfaces, para que los HMI sean fáciles de leer, intuitivos y con una adecuada retroalimentación [1].

**E.6.3** Optimizar el tiempo de reacción para proporcionar información simple, lógica y de buen rendimiento, orientada a la estructura de cuatro niveles de los HMI [1].

En este punto es fundamental retomar los tres principios definidos para alto rendimiento, que son: el principio de claridad contemplado en el ítem 1.2.1, el de consistencia en el 1.2.2 y el de retroalimentación en el 1.2.3 [1]. Por simplicidad, las animaciones se basan en la visibilidad, llenado, rotación de los objetos, cambio de color, de posiciones, ancho y alto; al mismo tiempo que dirigir al usuario a una ventana u objeto por el toque de un botón, y el manejo de slider en sentido horizontal o vertical, lo que significa que al tocar un botón se dibuja un objeto y se mueve de posición. Todo esto, en cualquier software dispuesto para la programación de HMIs [11,12,13].

## ANEXO F

### ADMINISTRACIÓN DE PERSONAL EN LAS INTERFACES HMI DE ALTO RENDIMIENTO

La carga laboral, los errores que se pueden cometer por parte del personal, las capacitaciones que se deben efectuar y la importancia de que el diseñador de las interfaces piense como operador antes de elaborarlas. Por consiguiente, se dice que todos estos anteriores aspectos van de la mano, principalmente el velar por la seguridad de los operarios y el diseñar pantallas ergonómicas, pues de eso no sólo consiste la correcta operación del proceso sino evitar cualquier clase de pérdidas dentro de la empresa. Observando así la importancia de contar con un buen diseño de las interfaces, tener personal calificado y apostarle a un diseño de Alto Rendimiento, destinando una buena parte de los recursos, sin pensar que es un gasto y verlo más como una inversión a largo plazo con grandes ventajas.

En seguida, se va a presentar unos conceptos a tener en cuenta, pues en ocasiones la mayoría de las fallas de un proceso, se generan debido a errores humanos, la falta de capacitación del personal y por la acumulación de carga laboral. Queda por aclarar, como se ha mencionado a lo largo de la investigación, que al diseñar las interfaces se debe pensar como operador.

**F.1 CARGA DE TRABAJO.** La carga de trabajo es “el conjunto de requerimientos psicofísicos a los que se ve sometido el trabajador a lo largo de su jornada laboral” [11]. Y cuando se excede en esos requerimientos se aumenta el esfuerzo del operario para cumplirlos, de donde surgen “los factores de riesgo ligados a la complejidad de la tarea, la aceleración del ritmo de trabajo, la necesidad de adaptarse a tareas diferentes”, entre otras. Todos estos factores se hacen evidentes con la fatiga, definiéndose como la “disminución de la capacidad física y mental de un individuo, después de haber realizado un trabajo durante un periodo de tiempo determinado”. Sus causas surgen de las malas “posturas corporales, desplazamientos, sobre esfuerzos, excesiva recepción y tratamiento de información, e intentar darle respuesta a todo” [11].

Distinguiendo entre carga física y carga mental, siendo la primera la unión “de requerimientos físicos a los que una persona es sometida en su jornada laboral” y para evaluarla es necesario conocer “los esfuerzos físicos, la postura de trabajo y la manipulación de cargas”. La carga mental es “el nivel de actividad mental necesario para desarrollar el trabajo”, cuyos factores incidentes son: “la cantidad de información que se recibe, la complejidad de la respuesta que se exige, el tiempo en que se ha de responder y las capacidades individuales”. Para medirla se debe valorar la cantidad y calidad del trabajo realizado, porque cuando una persona está cansada disminuye el ritmo de trabajo y aumentan los errores [14].

Hablando del estrés, que es el factor que más incluye sobre el rendimiento en los trabajadores, se adiciona que es un efecto acumulativo que involucra más factores, aunque lastimosamente los dirigentes de las empresas se han limitado a mejorar sólo la iluminación y la acústica, desconociendo que todo comienza desde la salud y bienestar



del operador; aunque es cierto hacer una aclaración de que es algo complejo y difícil reducir los niveles de estrés en las personas. Por ende, es más factible evitar que suceda a tratarlo cuando ya se ha generado, puesto que para las situaciones anormales cada trabajador debe ser consciente a lo que se somete y lograr enfrentar todas las situaciones que se le puedan presentar. Se debe equilibrar dentro de la empresa la repartición de actividades o funciones, para que así cada uno cumpla con las propias y tenga una adecuada vigilancia de la parte del proceso que le corresponde; dándole al personal una dotación adecuada para cuidar su seguridad y evitar cualquier tipo de errores y pérdidas. Otra estrategia para velar por la salud de los operarios y su seguridad, es ubicar la sala de control en partes externas al proceso; pero realmente esto es poco a todo lo que se podría hacer, que de igual manera resulta casi nulo puesto que la carga de trabajo va más allá de lo que se puede percibir, porque todos los procesos son distintos al igual que las personas y su manera de reaccionar frente a diversas situaciones [1].

Si se quisiera hablar de lo que ocasiona la carga laboral, se empieza nombrando la cantidad de procesos complejos que existen actualmente y los riesgos que generan, la cantidad de paradas que se le debe ejecutar a una planta por la mala introducción de valores, equivocación en las funciones o por descuido. Sin desconocer que hoy en día existe mucha demanda y oferta de productos para el consumo humano, por lo que se hace casi obligatorio crear una cantidad significativa de ejemplares para compensar los costos que genera la producción, lo que conlleva a tener precios más económicos y así poder competir fácilmente en el mercado. Sin embargo, el estrés se puede dar en conjunto, es decir repercutir en todos los integrantes de la empresa cuando un sólo operario padece de una carga laboral extenuante, crea un mal ambiente laboral [1].

Tras esta situación se han considerado implementar en las empresas, estudios para la evaluación de la carga del trabajo del operador, los cuales son bastante complejos pero vitales, que van más allá de ser un simple requisito en el campo laboral y se convierten en una inversión que marca la diferencia [1].

**F.2 ERRORES HUMANOS.** Retomando la afirmación de que una persona cuando se encuentra cansada disminuye su ritmo de trabajo y aumentan sus errores [14], ya empieza a ser opacada por los diversos cuestionamientos que se generan en torno al mal diseño de las interfaces HMI, pues en ocasiones ha llevado a desastres que han acabado vidas. Por estas razones se debe invertir dinero y tiempo para cambiar estos diseños [15].

El operador tiene la misión de vigilar constantemente la información del HMI, aunque se encuentra en un serio problema cuando recibe un flujo de alarmas y se mezclan las falsas con las verdaderas; al querer suprimirlas, se puede anular las que no se debía y se genera caos en el proceso. Esto es más común de lo que se cree, asociado a cuando el operador cae en la trampa de anticiparse a un problema que detectó y mal interpretó los datos presentados. Consecuente a esto, nace la respuesta a una situación anormal, que es un proceso cognitivo e influenciado por factores como: la formación, la motivación, la actitud, la personalidad, el conocimiento, la confianza, los planes, las experiencias, la influencia de terceros, el estrés y la memoria a corto y largo plazo [1].

Si de cifras se trata, se puede mencionar que el 42% de los errores son ocasionados por humanos debido a las interrupciones, las cuales finalmente se traducen en pérdidas económicas y en problemas de seguridad. De esta manera, se afecta la eficiencia de los procesos, la reducción de la calidad del producto o servicio, ocasionando una pérdida total o parcial de la disponibilidad del sistema, es decir del 3 al 8% de la capacidad del sistema. Aunque los riesgos de lesiones corporales e incluso de muerte, van ligados a cualquier proceso industrial, se pueden prevenir y minimizar mediante estrategias, dentro de las que se puede incluir un mejor enfoque en el diseño de los HMI y gestión de alarmas. El diseño de los HMI también debe ser elaborado de tal manera que facilite a los operarios la toma de decisiones y su accionamiento, lo cual se vuelve vital dentro de un proceso, puesto que cuenta con la presencia de materias primas, insumos energéticos, salidas de productos, servicios y desechos; y se busca el maximizar la disponibilidad, calidad y cantidad de los productos o servicios prestados, con una reducción notable en sus costos. Pero lastimosamente, las pantallas de visualización se han elaborado con el objetivo de lograr un determinado estado de funcionamiento, en vez de optimizar el rendimiento del proceso y tener en cuenta los valores empresariales que conduzcan a un mejor valor del negocio. Es por ello que se debe efectuar un análisis del proceso en donde se determine decisiones, que serán transmitidas mediante la interfaz [1].

**F.3 CAPACITACIÓN DE PERSONAL.** Las capacitaciones o enseñanzas que de la empresa le brinda al personal deben ser de manera ordenada, con calidad y basándose en las necesidades de la misma organización. Se pueden manejar cursos para que los trabajadores sepan cómo operar las máquinas y los sistemas con los que se cuenta, el nuevo diseño y enfoque de las interfaces HMI, para que de esta manera se logre ser competitivos, se ejecute correctamente cada una de las operaciones, se eviten situaciones no deseadas y catástrofes, y por ende se minimicen los accidentes gracias al conocimiento de los sistemas de seguridad. De esta misma manera, se lleva a que los trabajadores desarrollen sus habilidades, las den a conocer, y trabajando todos en conjunto logren enfocarse hacia el éxito personal y grupal. Todo esto transmitido a los clientes, para que confíen en la empresa y se sientan que invertir en ella es una decisión efectiva.

Todo lo anterior conlleva a la necesidad de manejar una conciencia situacional, es decir tener una comprensión precisa y oportuna de las condiciones y del comportamiento del proceso, fomentando el diseño adecuado de las pantallas de visualización [1]. Los operarios y miembros de toda la empresa deben trabajar en conjunto, estar capacitados para que se minimicen las fallas por su intervención, tales como sobre carga de información, detalles inapropiados, problemas de navegación, ambiente de distracción, información faltante, incoherente, o inexacta. Al igual que los procedimientos inadecuados, complejos y con falta de instrucciones e inexperiencia en la operabilidad; falta de seguimiento al proceso y a las operaciones, recursos insuficientes y mala comunicación [16].

**F.4 PENSAR COMO OPERADOR.** En esta parte del proyecto, es bueno introducir el concepto de conciencia situacional, dado que como es la capacidad del operador para estar al tanto de los sistemas en su entorno operativo, se vuelve imprescindible contar con

esa atención para un correcto monitoreo, control y supervisión de los procesos. Por consiguiente, los trabajadores deben tener conocimiento de la condición actual, de los equipos y el significado de las tendencias, para que de esta manera se haga más efectivo la función de una visión general de la planta, sin limitaciones por acumulación de información [7]. Explicándolo mejor, el operario debe ser consciente de lo que sucedió y de lo que está sucediendo, comprenderlo y analizar la manera en que repercutirá a futuro, sin olvidar las metas y objetivos de trabajo. Y es aquí donde se encuentra el punto clave del diseño de las interfaces HMI tratadas dentro del proyecto, con el enfoque de Alto Rendimiento, y de la manera en la que los ingenieros dividen las actividades para el desarrollo del proceso [17]. Se debe tener como prioridad la manera en que los operarios van a entender, percibir y dar sentido a la información presentada, y es por esto que se emplean los modelos mentales, que trata de la utilidad, usabilidad, visión e interacción de un producto con un usuario [18]. Destacado una vez más la importancia de la ergonomía en las interfaces Hombre – Máquina ítem 2.8, y que la mente humana puede interpretar más rápidamente datos análogos que una cantidad de números, lo que le permite detectar cambios con mayor facilidad [17].

Respecto al comportamiento cognitivo del ser humano, se han desarrollado estudios de los cuales se ha podido concluir que existen cuatro etapas para la operación de los equipos. La primera de estas etapas es la de orientación, percepción o discriminación, la segunda es la de evaluación, tratamiento de la información e interpretación. La tercera es la respuesta física o verbal, y se finaliza con la evaluación y tratamiento de la información. Significando que se orienta o se perciben las anomalías en el proceso, detectadas por el sistema de seguridad y alarmas, al cual se le debe hacer un seguimiento, evaluando las tendencias y determinando si de verdad existe esa situación anormal. Apoyándose del equipo de soporte, se analizan las causas y posibles consecuencias, en donde se debe tomar una decisión y actuar, realizando mantenimiento preventivo o correctivo, pero teniendo cuidado para no ir a ejecutar una acción inapropiada que intensifique el disturbio; finalmente se valúa las condiciones de operabilidad del sistema luego de la decisión tomada, para dejar en los niveles normales de producción minimizando los posibles errores futuros [16].

La conciencia situacional se ve truncada debido a aquella información que excluye a otra, la confianza en la memoria limitada y de corto plazo, la carga de trabajo, la ansiedad, la fatiga, estrés, sobre carga de datos, distractores, dificultad para desarrollar un modelo mental o elaborar uno incorrecto, el cual se mal interpretará [19].

## ANEXO G

### PLAN DE IMPLEMENTACION DEL PROYECTO

**G.1 Reunir los datos generales de las fases preliminares.** Se persigue la obtención de información de cada fase, que permita evaluar los avances y logros obtenidos, con las medidas adoptadas en esta cuarta faceta; así mismo tomar los datos relevantes del proceso para identificar las oportunidades de mejora. Al recoger y analizar los requerimientos, se define si la secuencia de las acciones es la más conveniente o se deben iniciar ajustes, para mejorar el diseño y convertir los problemas en beneficios. Con esto se nota la importancia de establecer un equipo de evaluadores, que hagan un recorrido coherente en cada parte de la metodología, desde el punto más pequeño hasta la entrega final [20]. Tener en cuenta el ítem 3.1.

**G.2 Cronograma de realización.** El cronograma se puntualiza al dar rumbo al proyecto, precisando las principales actividades vitales para ejecutarlo y satisfacer los requisitos del cliente. Se incluye el levantamiento de la información, diseño, programación, desarrollo, pruebas, simulación, aprobación, arranque, puesta en marcha y capacitaciones. Las fechas deben estar muy claras, para que cada ingeniero acople sus responsabilidades al tiempo previsto para cada una.

Los avances se controlarán semanalmente, recibiendo el reporte de cada miembro del equipo de trabajo y se da continuidad si se aprueba lo que se ha avanzado. También se revisa el presupuesto, se generan estímulos y multas, para incentivar una aceleración en la ejecución de tareas. Dándole un porcentaje a cada avance y a cada concepto emitido por el supervisor, cliente, ingeniero y equipo de trabajo, pues este será el método de calificación principal [20]. No olvidar lo descrito en 3.1.9.

**G.3 Selección de responsables.** En el diagnóstico de la empresa se plantea elegir un equipo de trabajo, luego un responsable por cada actividad o grupo de actividades, asignando roles concretos y cubriendo todas las actividades [20]. Se relaciona con lo escrito en 3.1.1.0. Los principales roles y responsabilidades se fijan a continuación:

**G.3.1 Ingeniero a cargo del proyecto.** Es la persona responsable de dirigir, guiar, coordinar, controlar y ejecutar las actividades de las fases previas, objeto de este proyecto. Así mismo, se encarga de asegurar la correcta ejecución de los distintos planes, como el de aseguramiento de calidad, en donde puede optar con trabajar en conjunto con un profesional en calidad. Por consiguiente, el plan de manejo de contratistas, evaluar la interacción del grupo, ejecución de la metodología, finalización del proyecto, la gestión de comunicaciones y de situaciones anormales, estarán en su rutina de trabajo [20].

**G.3.2 Profesional en calidad.** Es el encargado de especificar y ejecutar el plan de calidad durante todo el proyecto; igualmente de administrar, renovar y controlar la documentación del proyecto, registrando cualquier anomalía que se presente durante el desarrollo del mismo e informar semanalmente al ingeniero a cargo. Revisa el planeamiento de las actividades fijadas, en comparación con lo ejecutado, planteando a raíz de esto, acciones preventivas o correctivas según sea el caso [20].

**G.3.3 Ingenieros de diseño y programación.** Estos ingenieros se encargan de los planes de manejo, de los criterios para el desarrollo del diseño del HMI, la definición y ejecución de la programación, las pruebas de aceptación individuales y en conjunto. Pero también de capacitaciones al personal de la planta, no tan esporádicamente para entrenar a los trabajadores, sigan los requerimientos de los planes del proyecto y acelerar el proceso [20].

**G.3.4 Equipo evaluador.** Conformado por el personal más experimentado, que como su nombre lo indica, se encargará de evaluar cada etapa de la metodología, determinando si cada fase cumple con las acciones establecidas, si se continua o se para, debido a la falta de progreso inesperado. Dependiendo de la disponibilidad de personal, se elige un equipo o a un solo miembro, pero si hay más de un encargado, se puede delegar funciones y ayudarse en la construcción de la evaluación y resultados [20].

**G.3.5 Entrenamiento de personal.** Es un equipo de ingenieros encargados de respaldar y soportar la ejecución del proyecto, esencialmente en la programación del HMI y del PLC, en los principios de Alto Rendimiento. Se encarga de coordinar la socialización de avances, necesidades a suplir y documentos a elaborar [20].

**G.4 Plan de calidad.** Como lo aclara el nombre, es un conjunto de estrategias para ejecutar el proyecto, con estrictos estándares de calidad, llevando cada acción a confrontar de cierta manera, lo que el cliente está acostumbrado a ver y a recibir, desarrollando una interfaz que supla cada necesidad y se acople a los objetivos de supervisión, control y monitoreo. Compara los avances con las normas seguidas, haciendo sugerencias y efectuar aprobaciones de los mismos [20].

**G.5 Protocolo de pruebas de aceptación.** Una vez terminado el diseño del HMI, el ingeniero a cargo del proyecto, desarrollará las pruebas y efectuará las correcciones o modificaciones que considere necesarias, antes de las pruebas con el cliente, para que se eviten molestias y problemas de cumplimiento.

Se verifica el desempeño de las actividades, solución generada para cada requerimiento, iniciación y finalización correcta de la cadena de valor, adecuada simulación, cantidad de pantallas ideales para el proceso, buena apariencia, fácil navegación, claridad en la información, uso de tendencias y gama de colores del enfoque de Alto Rendimiento; Registro de alarmas, dándole su pertinente prioridad, funcionamiento del mecanismo de reconocimiento, seguridad y contraseñas.

Luego de validar por conjunto, hacerlo individualmente pantalla por pantalla, consignado las correcciones y observación, pero al mismo tiempo darle respuesta a cada una. Debe existir una correcta estructura de programación, de datos, rutinas y Tags; lógica de los dispositivos, secuencias, interlocks, alarmas y programación [20].

**G.6 Documentos de especificación.** Para llevar un orden en cada paso que se avanza en el proceso, todo debe estar documentado, para que cuando ocurra una anomalía se sepa exactamente o se tenga una idea más concreta, de qué punto se debe mejorar y a que parte se le deben efectuar correcciones y mejorar su desempeño. Listando los objetivos, se evalúan el cumplimiento mediante los documentos, claros y concisos,

permitiendo una verificación de las actividades planteadas en el equipo de trabajo, que conlleven a entender la solución propuesta para el cliente y que a futuro sirva para darle asesoría al cliente, hacerle mantenimiento, consigne un manual de usuario y si se llegara a cambiar algún miembro del equipo, la persona que llegue entienda fácilmente el proyecto realizado. Aquí se comprueba por escrito la aprobación de cada actividad, control de cambios, decisiones tomadas y avances [20].

**G.7 Terminación de contrato.** Se hace la entrega al cliente de un manual de usuario, el software instalado en planta, documentos de aprobación de la interfaz de supervisión y junto al ingeniero a cargo del proyecto estudiarán la aceptación de la propuesta, alcances, inconvenientes y observaciones. Si ambas partes están de acuerdo se firmará el contrato, de lo contrario, se dará plazo para las modificaciones y se llegara a un acuerdo mutuo; pero la idea es que el cliente quede satisfecho con la interfaz HMI que se haya elaborado, con los principios de Alto Rendimiento [20].

Internamente se evalúa si el desarrollo resulta negativo o positivo para la empresa desarrolladora, desempeño de cada miembro del equipo de trabajo y avances significativos en soluciones que le pueden aportar a sus clientes y conseguir más oportunidades en el mercado. Todo fundamentado en las actas de entrega y soporte.

## ANEXO H.

Tabla 4. Funciones básicas dentro de la elaboración de interfaces HMI para llegar a un Alto Rendimiento.

FUNCIONES BÁSICAS	REGLA DE OPERACIÓN
Cambio en las Modalidades de funcionamiento de la elaboración de las interfaces HMI.	Definir en actas cada cambio, tanto general como específico, en la construcción del sistema como tal.
	Indicar temporalidad para cada operación.
	Informar al equipo de trabajo de cada cambio y de su respectiva explicación.
Incorporación de nuevas formas de funcionamiento de la elaboración de las interfaces HMI.	Notificar a los supervisores de las mejoras propuestas para la operabilidad del sistema y si los cambios son aceptados, se debe informar a todo el equipo de trabajo del proyecto del HMI.
Horarios.	Antes de iniciar la elaboración de la interfaz HMI, se requiere el establecimiento de un horario de trabajo y de turnos ideales, para cumplir todas las metas de trabajo.
Entrega y recepción de documentos.	Cada documento debe estar respaldado de la firma del realizador.
	El contenido debe presentarse de una forma detallada pero sin exagerar, para facilitar la supervisión y poder realizar los cambios sin exceder el tiempo previsto para dicha fase del proyecto.
	Una firma de verificación es útil al finalizar la revisión de los documentos, garantizando orden y un mayor control de cada avance en el proyecto.
	Puntualidad en la entrega de los documentos de trabajo y si aún no se ha concluido en la fase destinada para ese lapso de tiempo, se debe entregar lo que se haya logrado hasta el momento, pero nunca omitir la entrega de avances.
Almacenamiento.	Se adecua una zona de trabajo y de unidades de memoria para guardar los avances del trabajo, junto a las copias de seguridad.
Integrantes del equipo de trabajo.	Se escoge del personal de la empresa, los que están mayor capacitados en la elaboración de interfaces Hombre – Máquina.
Restricciones de acceso al HMI.	Al dar privilegios a los usuarios, se limita la visualización de cada uno frente al proceso.
	El acceso a los avances del proyecto del HMI se restringen sólo al equipo de trabajo conformado para ello.
Áreas de la planta.	Es importante conocer las áreas con las que cuenta la planta, para que así mismo se reflejen en la interfaz y su funcionamiento sea el ideal.

Carga por turnos.	Para el diseño de la interfaz HMI es conveniente conocer toda la capacidad de almacenamiento y procesamiento del producto, para que así mismo se definan los límites y rangos para los equipos, se detallen las alarmas y las tendencias.
Reuniones de trabajo.	Es importante mantener una buena comunicación con todo el equipo de trabajo, para que así mismo se tomen las decisiones adecuadas y se eviten errores futuros.
Normas de seguridad y de trabajo.	Para todo proyecto es útil indicar a todo el equipo de trabajo todas las reglas y normas, bajo las que se va a trabajar, evitando sanciones, problemas y trabajos innecesarios.
Recepción solicitud del cliente.	Se elige a una persona que se encargará de las relaciones con el cliente, de tal modo que se logre el entendimiento del proyecto que desea, para que así mismo se le dé una solución apropiada.
	Al estudiar la factibilidad del proyecto, se podrá elaborar y acoplar dicho proyecto a las necesidades del cliente.
	Al analizar cada requerimiento, se logrará consignar actividades que permitan crear un buen funcionamiento de la interfaz.
Objetivo y alcance del proyecto.	Siempre se debe fijar una meta de trabajo, para que en conjunto se consiga suplir esa necesidad, por la que se creó el proyecto.
Cronograma de actividades.	El mejor orden que se le puede dar al proyecto, es elegir una serie de actividades, con las que se construirá un cronograma, para llevar a cabo la totalidad de ellas.
	Se tiene en cuenta todos los percances que puedan existir al desarrollar el proyecto, con las actividades definidas al empezar dicho plan.
Delegación de funciones al equipo de trabajo.	Al elegir el personal idóneo para elaborar el proyecto, se definen perfiles para cada una de las funciones que contiene.
	Decretar perfiles de trabajo ideales para cada función del proyecto.
	Asociar cada uno de los integrantes del equipo con los perfiles de trabajo, para que lleven a cabo de la mejor manera todas las actividades.

Fuente: Propia, 2015.



## ANEXO I.

Tabla 5. Funciones de nivel medio para la elaboración de interfaces HMI, para llegar a un Alto Rendimiento.

FUNCIONES MEDIAS	REGLA DE OPERACIÓN
Prototipo del cliente.	Puntualizar el tipo de prototipo que maneja el cliente.
	Determinar las ventajas que el prototipo le genera al cliente y si es conveniente retomar parte de sus especificaciones.
	Evaluar el rendimiento del prototipo y compararlo con los principios de Alto Rendimiento, y tomar decisiones frente a ello.
Analizar problemas antiguos	Comprobar problemas y errores pasados. Al igual que las decisiones tomadas para ellos.
	Estudiar la manera en cómo ha afectado esas decisiones al proceso y al uso de la interfaz de supervisión.
	Precisar un nuevo rumbo para eliminar dichos inconvenientes pasados, para que no se vuelvan a presentar.
Entrega de documentos al cliente.	Los documentos que se entregarán al cliente, no deben ser muy detallados con la información usada por el equipo de trabajo en el diseño, pues finalmente lo que el cliente necesita es ver el estado de avance del proyecto, mas no de qué manera se está desarrollando.
Propiedades de la interfaz HMI.	La interfaz debe caracterizarse por ser rápida, de un tamaño acorde al proceso, con un alto nivel de fiabilidad, robusta y de un uso fácil.
	Las propiedades se verifican en los avances del diseño de la interfaz, de la programación y en la revisión de actividades.
	Se debe mejorar la inconsistencia en las propiedades de la interfaz, sobre todo cuando no se adopten los principios de Alto Rendimiento.

Fuente: Propia, 2015.

## ANEXO J.

Tabla 6. Funciones más complejas en la elaboración de interfaces HMI y llegar a un Alto Rendimiento.

FUNCIONES COMPLEJAS	REGLA DE OPERACIÓN
Diseño	El diseño debe emplearse de tal forma que la creatividad del diseñador salga a flote y se anticipe a las necesidades del cliente. Pero todos sus diseños siguiendo el estándar para conseguir un Alto Rendimiento.
	La autonomía debe caracterizar a la interfaz, para que esté a disposición del usuario y sea flexible.
	El uso del color se limita a las definiciones para un Alto Rendimiento.
	La consistencia de la interfaz se relaciona con los diferentes aspectos e información que contiene.
	Se debe interpretar el comportamiento del usuario y el significado que le podría dar a cada parte que compone la interfaz.
	Concordancia entre la plataforma y el esquema real del proceso.
	Considerar las pérdidas que se pueden tener con la implementación de la interfaz. Usar menús sencillos, palabras claves,
	Crear interfaces explorables, que permitan la continuidad del proceso y con una mayor eficiencia.
	Buen nivel de legibilidad y de visualización, teniendo en cuenta los factores planteados para un Alto Rendimiento.
	Programación
Autonomía y flexibilidad a modificaciones futuras.	
Consistencia en la lógica de programación del HMI Y del PLC.	
Concordancia entre la programación y el diseño del HMI.	
Elaborar la programación del HMI y del PLC de tal forma que se diseñe, se codifique y se depure a futuro fácilmente.	
El programador elegido debe tener conocimientos en diferentes métodos de programación, dominio de lenguajes a utilizar, en algoritmos especializados y en el software que se haya elegido para un cliente determinado.	
El análisis del código no se debe pasar por alto, corrigiendo pasos que no sean adecuados para lo que se busca con la interfaz.	
La elección de objetos y claridad en los elegidos, permite una mejor programación.	

	Adecuar la programación con las necesidades del cliente y de las decisiones iniciales esperadas.
	Analizar los requisitos del cliente y de la empresa desarrolladora, determinando las tareas puntuales a programar.
	Crear fases para programar correctamente la interfaz y un diseño detallado, para que si se requiere cambios futuros, se sepa que parte cambiar, corregir sin inconveniente y sin afectar todo el código.
	Tener una adecuada comunicación y los permisos necesarios para acceder a las bases de datos y a las redes de comunicación.
	Una programación debe caracterizarse por su claridad, correcta similitud entre lo que hace y lo que debe hacer, permitir un mantenimiento futuro y manejar estructuras sencillas.
	Facilitar la corrección de errores y hacer cambios posteriores, tales como adicionar líneas de código o modificar completamente una fase del programa.
	Permitir la continuidad de la programación, si en algún caso, se debe cambiar de personal y se requiere la continuación inmediata del proyecto. Es por ello que resulta útil, el comentar cada línea del código.
	Documentar todo lo realizado, de tal manera que se sepa el tiempo en que tarda en ejecutar una tarea, la cantidad de memoria, espacio en el disco y todas las configuraciones que requiera antes, durante y después de ejecutar dicho programa.
	Una gran ventaja que sería también una opción de diferenciación es la portabilidad del programa es decir, que se pueda ejecutar en diferentes software o hardware, pues el algún momento se necesite cambiar de plataforma ocurra algún daño irreparable.
	El programa como todo objeto tiene un ciclo de vida, un inicio, un desenlace y un final.
	Antes de programar el HMI y el PLC, definir los objetivos de esta sección del proyecto, es una estrategia ideal para lograr un resultado adecuado.
	Analizar cada uno de los requisitos, dándole un tiempo a cada uno para entender a profundidad lo que se busca con cada uno y al mismo tiempo ver su viabilidad.
	Cada programador debe contar con la arquitectura clara y un diseño detallado del sistema.
	Una buena opción en la programación es probar cada una de las fases y todo el conjunto. Garantizando una integración adecuada entre ellas y una lógica coherente de programación.
	Validar la programación, relacionándolas con cada uno

	<p>de los requerimientos iniciales tanto de la programación como del proyecto de creación de una interfaz de supervisión.</p> <p>Documentar los resultados de las pruebas, lógica de programación, validación y de requisitos generales, de una forma clara, concreta y sólo detallar lo más relevante.</p> <p>Mantener buena comunicación con los supervisores y atender cualquier sugerencia o recomendación por parte del equipo de trabajo del proyecto del HMI.</p>
Prueba, simulación y arranque.	<p>Antes de probar cada elemento, tener claro las definiciones y requerimientos del sistema del HMI.</p> <p>Modelar cada una de las partes del sistema, generando una mayor consistencia dentro del sistema y tener claro cada uno de los parámetros y pasos a seguir.</p> <p>Manejar adecuadamente los datos generados dentro de la interfaz, con un buen manejo de históricos y con una documentación propicia para cada etapa del proyecto, con una buena comunicación y precisión de las actividades, funciones y decisiones.</p> <p>Implementar los modelos siempre y cuando den una solución específica y acoplada a una actividad del HMI.</p> <p>Siempre una opinión de personas con un conocimiento en el diseño de interfaces HMI será ideal, para comprobar si lo realizado está o no bien encaminado.</p> <p>Comparar cada avance y verificar si se ha logrado progresar en el desarrollo de la interfaz, de lo contrario tomar acciones correctivas.</p> <p>Hacer varias pruebas antes de entregar un resultado y de poner en marcha el sistema.</p> <p>Documentar las decisiones tomadas y darlas a conocer al equipo de trabajo.</p>
Puesta en marcha	<p>Recibir la aprobación de la simulación, prueba y arranque antes de poner en marcha el sistema, en la planta del cliente.</p> <p>Contar con la aprobación del cliente y corregir las partes en las que se ha recibido sugerencias, certificando la mejoría en cada una de ellas.</p> <p>Documentar cada paso a paso de lo que se realizó, pero sólo para la empresa desarrolladora. Al cliente se le detalla lo necesario para ayudarlo a preguntas futuras, problemas encontrados y el mantenimiento.</p>
Validación de cumplimiento de las actividades de la elaboración del HMI.	<p>Establecer medidas para calificar el cumplimiento de las actividades. Por ejemplo, dar valores de 0 a 5, para calificar el progreso apropiado de cada actividad en un tiempo determinado. El menor valor es para el progreso menos apropiado y el mayor para el mejor desempeño.</p> <p>Clasificando los problemas, entre los que se pueden considerar o no problema, los que necesitan corregirse</p>

	<p>en un tiempo adicional al programado en el cronograma, el que debe solucionarse en un lapso de tiempo prudencial y los que deben resolverse inmediatamente.</p> <p>Documentar todos los problemas encontrados, las soluciones propuestas y ejecutadas para cada uno.</p>
Entrega	<p>Sólo se entregará al cliente una interfaz cuando cumpla al menos el 90% de los requerimientos iniciales del cliente pero bajo su consentimiento.</p> <p>Entregar al cliente los manuales de usuario, los documentos de soporte tanto del código como del software de la interfaz.</p> <p>Crear un documento de satisfacción del cliente, acompañado de las firmas que avalan la aceptación de la interfaz.</p>

Fuente: Propia, 2015.

## ANEXO K.

Tabla 7. Funciones, recursos, tiempo y alcance para culminar la elaboración de una interfaz HMI y llegar a un Alto Rendimiento.

#	FUNCIÓN	RECURSOS	TIEMPO	ALCANCE
1	Recepción de la solicitud del cliente.	Personal de la empresa desarrolladora de la interfaz.	1 día.	Dar solución a la solicitud del cliente y darle respuesta en el menor tiempo posible.
		Documentos de soporte del cliente.		
2	Análisis de la solicitud del cliente.	Personal de la empresa desarrolladora de la interfaz.	1 semana	Analizar la solicitud del cliente, verificando que se cuente con los recursos necesarios para dar una respuesta al cliente y cumplir a cabalidad con su solicitud.
		Documento de soporte del cliente.		
		Documento de análisis de la empresa desarrolladora.		
3	Forma de los acuerdos del cliente.	Personal de la empresa desarrolladora de la interfaz.	1 día.	Llegar a un acuerdo con el cliente que satisfaga sus requerimientos y se logre cumplir cada uno.
		Documentos de soporte del cliente.		
		Documento de análisis de la empresa desarrolladora.		
		Documento del proyecto.		
4	Elección del equipo de trabajo.	Personal de la empresa desarrolladora de la interfaz.	4 horas.	Establecer perfiles de personal adecuado, para desarrollar el proyecto de creación de la interfaz de supervisión.
		Hojas de vida del personal capacitado e interesado en participar en la elaboración de la interfaz HMI.		Relacionar el personal capacitado de la empresa, con los perfiles requeridos para elaborar la interfaz.
5	Objetivos del proyecto del HMI.	Equipo de trabajo para el proyecto de la interfaz.	1 día.	Dirigir lo que se espera del proyecto, hacia unas metas claras y concisas, dándole solución a la necesidad del cliente.
		Documento del proyecto.		
6	Alcance del proyecto.	Equipo de trabajo para el proyecto de la interfaz.	4 meses	Construir una interfaz de supervisión acorde a un proceso determinado, en un plazo de 3 meses.
		Documentos de soporte del cliente.		
		Documento del proyecto.		
		Documento de análisis.		

<b>7</b>	Definiciones iniciales para el proyecto del HMI.	Equipo de trabajo para el proyecto de la interfaz.	4 horas.	Plantear todas las definiciones que son necesarias, para que todo el equipo de trabajo hable el mismo idioma y maneje los mismos conceptos.
		Documentos de soporte del cliente.		
		Documento del proyecto.		
		Documento de análisis.		
<b>8</b>	Documentación de las decisiones del equipo de trabajo.	Equipo de trabajo para el proyecto de la interfaz.	1 día.	Dar un orden y claridad a los lineamientos del proyecto, evitando caer en confusiones, repeticiones innecesarias y sólo hacer lo que realmente se necesita.
		Documento del proyecto.		
<b>9</b>	Cronograma de actividades.	Equipo de trabajo para el proyecto de la interfaz.	1 día.	Plantear las actividades que se desarrollaran a lo largo de los 3 meses dispuestos para
		Documento del proyecto.		
<b>10</b>	Delegación de funciones del proyecto.	Equipo de trabajo para el proyecto de la interfaz.	4 horas.	Involucrar al personal mejor capacitado, con cada una de las actividades, para la arte de diseño, revisión, verificación y validación.
		Documento del proyecto.		
		Cronograma de actividades del proyecto.		
<b>11</b>	Identificación de los requerimientos del cliente y de las necesidades a suplir.	Equipo de trabajo para el proyecto de la interfaz.	2 días.	Calcular las necesidades que requieren solución e instituir la mejor, que la empresa podría proporcionar.
		Documento de soporte del cliente.		
		Documento de análisis del proyecto.		
		Documento del proyecto.		
<b>12</b>	Identificación de los recursos, materias primas, insumos y residuos.	Equipo de trabajo para el proyecto de la interfaz.	4 horas.	Definir todos los recursos de la empresa, que serán vitales para poder diseñar la interfaz y que a su vez sea acorde a un proceso.
		Documento de soporte del cliente.		
		Documento de análisis del proyecto.		
		Documento del proyecto.		
<b>13</b>	Prototipo del cliente.	Documento de soporte del cliente.	1 día.	Evaluar en conjunto el prototipo del cliente, investigando los antecedentes, entrevistando al personal y recopilar ideas para definir el modelo final de la interfaz HMI.
		Personal del cliente.		
		Prototipo del cliente y sus respectivos documentos de soporte.		
		Equipo de trabajo para el proyecto de la interfaz.		
<b>14</b>	Diseño de	Documento de diseño.	2 meses.	Delinear y diseñar la

	las interfaces .	Diseñador del equipo de trabajo para el proyecto de la interfaz. Documento de soporte del cliente. Prototipo y su respectiva documentación. Documento del proyecto.		interfaz acorde a los requerimientos del cliente, bajo las funciones de control, monitoreo y supervisión.
<b>15</b>	Programación de las interfaces .	Programador del equipo de trabajo para la interfaz de supervisión. Documento de soporte del cliente. Prototipo y su respectiva documentación. Documento del proyecto. Documento de diseño de la interfaz.	2 meses.	Programar el HMI y el PLC, para que al mismo tiempo con el diseño, se construya una interfaz de supervisión ideal.
<b>16</b>	Pruebas y simulación.	Documento de soporte del cliente. Documento de diseño de la interfaz. Programa (software) de la interfaz, documentos del diseño y programación de la interfaz. Equipo de trabajo para el proyecto de la interfaz.	2 semanas.	Comprobar con la simulación, todo el diseño y la programación del HMI y del PLC; verificando además, que se generen las alarmas, las tendencias y que exista una correcta navegación entre las pantallas. Reconociendo fallas y problemas.
<b>17</b>	Arranque de la interfaz.	Documento de la prueba y simulación de la interfaz. Documento del proyecto. Programa (software) de la interfaz, documentos del diseño y de la programación de la interfaz. Equipo de trabajo para el proyecto de la interfaz. Personal del cliente.	1 semana.	Luego de haber tenido una simulación y prueba aceptable, se ensaya la interfaz en la planta, para comprobar un arranque ideal y satisfactorio para dicho proyecto.
<b>18</b>	Puesta en servicio de la interfaz.	Documento de la prueba y simulación de la interfaz. Documento del proyecto. Programa (software) de la interfaz, documentos del diseño y de la programación de la interfaz.	1 semana.	Posterior a la confirmación de aceptación de la simulación y arranque, se ratifica con la puesta en servicio. Seguido de una aprobación del cliente, de los operarios y del equipo de trabajo de la empresa



		Equipo de trabajo para el proyecto de la interfaz.		desarrolladora.
		Personal del cliente.		
		Documento del arranque de la interfaz en planta.		
<b>19</b>	Entrega al cliente de la interfaz.	Documento del proyecto.	1 día.	Hacer entrega al cliente del software para la ejecución de la interfaz, junto a los documentos de apoyo, tanto de diseño como de la programación. Además de un manual de usuario y de los documentos de diseño, programación y simulación; como soporte a futuros inconvenientes o dudas encontradas en el manejo de la interfaz.
		Programa (software) de la interfaz, documentos del diseño y de la programación de la interfaz.		
		Documento de la prueba y simulación de la interfaz.		
		Documento del arranque en planta de la interfaz.		
		Documento de la puesta en servicio de la interfaz y su aprobación.		
		Equipo de trabajo para el proyecto de la interfaz.		
		Cliente y su personal.		

Fuente: Propia, 2015.

## ANEXO L.

Tabla 8. Criterios de selección del software de programación más acorde, para los HMI.

CRITERIOS DE SELECCIÓN		SIEMENS	ROCKWELL AUTOMATION	SCHNEIDER ELECTRIC	GENERAL ELECTRIC – Ifix
1	Visualización	X	X	X	X
2	Control	X	X	X	X
3	Servidor	X	X	X	X
4	mejora de la imagen	X	X	X	X
5	Funcionalidad		X		X
6	Escalabilidad		X		X
7	Movilidad	X	X		
8	Virtualización		X		
9	Tecnologías	X	X	X	X
10	Sistema distribuido		X		X
11	Etiquetas	X	X	X	X
12	Objetos gráficos		X		
13	Desarrollo aerodinámico		X		
14	Compartir datos		X		
15	Datos integrados		X	X	
16	Eficacia	X	X		
17	Evaluación de la situación	X	X	X	X
18	Navegación fácil	X	X	X	X
19	Interacción	X	X		
20	Arquitectura integrada		X	X	
21	Informe de diagnóstico	X	X		
22	Visibilidad		X		X
23	Efectividad	X	X	X	
24	Acceso rápido	X	X		X
25	Reducir esfuerzo	X	X	X	X

	global				
26	Reducir errores	X	X	X	
27	Soluciones escalables		X		X
28	Soporte de datos	X	X	X	X
29	Seguridad	X	X	X	X
30	Alarmas	X	X	X	X
31	Diagnostico	X	X	X	X
32	Productividad	X	X	X	X
33	Elimina la necesidad de crear variables HMI		X		
34	Configuración desde cualquier lugar	X	X	X	X
35	Facilidad de cambios	X	X	X	X
36	Arquitectura escalable		X		X
37	Maximizar la disponibilidad		X		
38	Extender las aplicaciones		X	X	
39	Tendencias	X	X	X	X
40	Conectividad integrada		X	X	X
41	Tiempo real	X	X	X	X
42	Bases de datos de registro centralizado	X	X		
43	Biblioteca integrada	X	X	X	
44	Topología expandida		X		
45	Comandos remotos		X		
46	Acceso restringido	X	X	X	X
47	Optimización de comunicación		X		
48	Minimizar las instalaciones	X	X	X	X

49	Gráficos de calidad superior		X		
50	Gestión de usuarios en tiempo de ejecución	X	X		
51	Cambio de idioma		X		
52	Puesta en marcha más rápida	X	X	X	X
53	Entorno de desarrollo común		X		
54	Interfaz con múltiples plataformas		X		
55	Maximizar la productividad		X	X	
56	Pantallas de simulación individuales	X	X		
57	Históricos de tendencias		X	X	
58	Compatibilidad con las diferentes versiones		X		
59	Biblioteca de gráficos		X	X	
60	Objetos globales		X	X	
61	Placas frontales reutilizables		X		
62	Visor pdf		X		
63	Navegador web		X		
64	Migración de proyectos		X	X	
65	Reducir tiempo de desarrollo		X	X	X
66	Flexibilidad		X		X

<b>67</b>	Expandir la capacidad		<b>X</b>		
<b>68</b>	Gestión de recetas		<b>X</b>		
<b>69</b>	Pantallas numéricas		<b>X</b>		
<b>70</b>	Visión precisa		<b>X</b>		
<b>71</b>	Reducir el costo total	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
<b>72</b>	Capacidad de lectura/escritura		<b>X</b>		
<b>73</b>	Actualizaciones remotas		<b>X</b>		
<b>74</b>	Versatilidad		<b>X</b>		
<b>75</b>	Reutilización de las bases de datos	<b>X</b>	<b>X</b>		
<b>76</b>	Comunicación en múltiples redes	<b>X</b>	<b>X</b>		
<b>77</b>	Simulación con normas de soporte OPC		<b>X</b>		
<b>78</b>	Online/offline	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	
<b>79</b>	Conocimiento estudiantes		<b>X</b>		
<b>80</b>	Sugerencia de la empresa		<b>X</b>	<b>X</b>	

Fuente: Propia, 2015.

## ANEXO M.

### SECUENCIA DE PREGUNTAS DE LA ENCUESTA DE VALIDACIÓN DE LA GUÍA PARA INTERFACES HMI DE ALTO RENDIMIENTO.

**M.1** ¿Cuál es su cargo?

**M.2** ¿Tiene conocimientos sobre interfaces HMI?

Si: \_\_\_\_ No: \_\_\_\_

**M.3** ¿Tiene conocimientos sobre el enfoque de Alto Rendimiento?

Si: \_\_\_\_ No: \_\_\_\_

**M.4** ¿Cuánto tiempo lleva trabajando con las interfaces HMI?: \_\_\_\_

Menor a 2 años: \_\_ Mayor a 2 años: \_\_\_\_

**M.5** ¿Ha participado en el diseño y creación de interfaces de usuario?

Si: \_\_\_\_ No: \_\_\_\_

**M.6** ¿Cuál esperaba que fuera su reacción frente a situaciones anormales? ¿Qué ayudas le gustaría encontrar?

**M.7** ¿Cuál es el promedio de alarmas que le gustaría percibir en una pantalla?

Menor a 10: \_\_\_\_ Máximo 20: \_\_\_\_ De 20 en adelante: \_\_\_\_

**M.8** ¿En términos generales, ¿son útiles las notificaciones de alarma y de eventos de la planta?

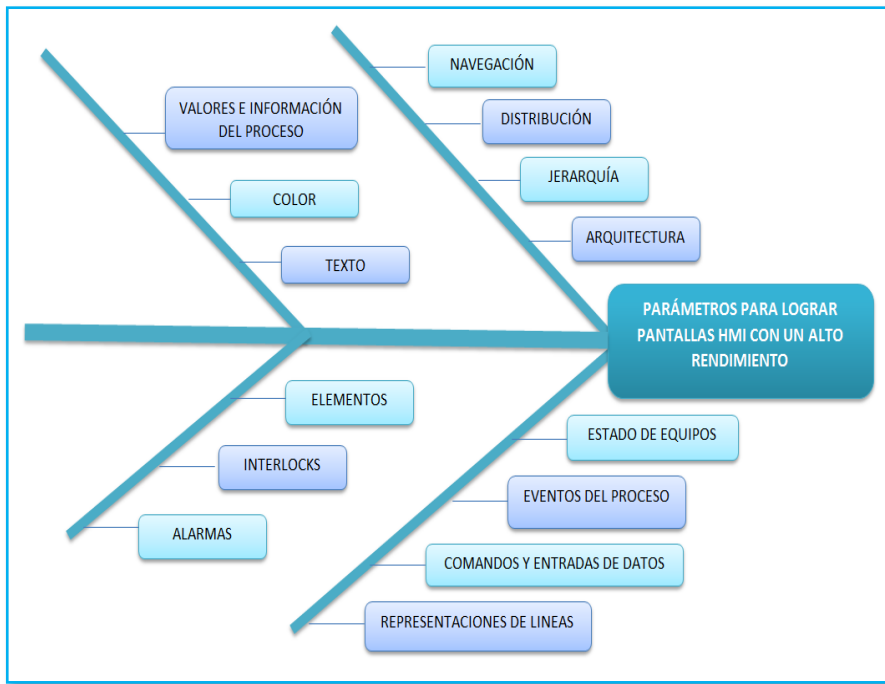
Si: \_\_\_\_ No: \_\_\_\_

**M.9** Si se le dijera que los pasos para diseñar interfaces HMI incluyen el establecer la cantidad de pantallas a utilizar, la navegación, la distribución en cuanto a las unidades, áreas, sub áreas y equipos. Uso de los doce colores base para un Alto Rendimiento, modificación de textos, definir alarmas, tendencias, faceplates e interlocks para cada unidad. ¿Estaría de acuerdo?

**M.10** Los principios para lograr un Alto Rendimiento son: claridad, consistencia y realimentación. ¿Está de acuerdo? ¿Cuál es su opinión? ¿Los tendría en cuenta?

**M.11** Los parámetros para lograr un Alto Rendimiento son los vistos en la Figura 6. ¿Cuál es su opinión? ¿Los tendría en cuenta?

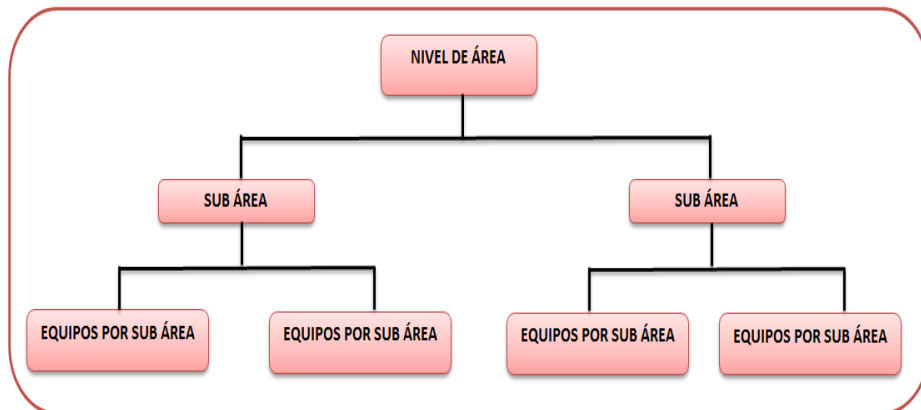
Figura 6. Parámetros para lograr HMI con un Alto Rendimiento.



Fuente: Propia, 2015.

**M.12** La arquitectura propuesta para lograr un Alto Rendimiento, es Figura 7, ¿Cuál es su opinión? ¿La usaría?

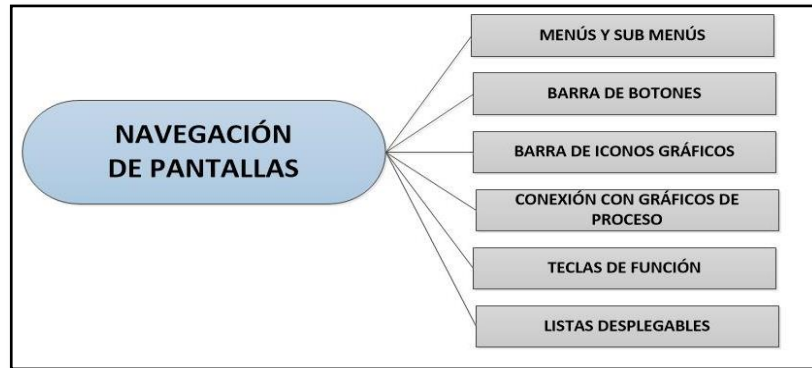
Figura 7. Mapa de los niveles jerárquicos de las pantallas HMI de Alto Rendimiento.



Fuente: Propia, 2015.

**M.13** La navegación sugerida para lograr un Alto Rendimiento, se presenta en la Figura 8, ¿Cuál es su opinión? ¿La usaría?

Figura 8. Navegación entre las pantallas que conforman un HMI de Alto Rendimiento.



Fuente: Propia, 2015.

**M.14** De acuerdo a las pantallas que se proponen a continuación, responda las preguntas desde la 14.1 hasta la 14.5

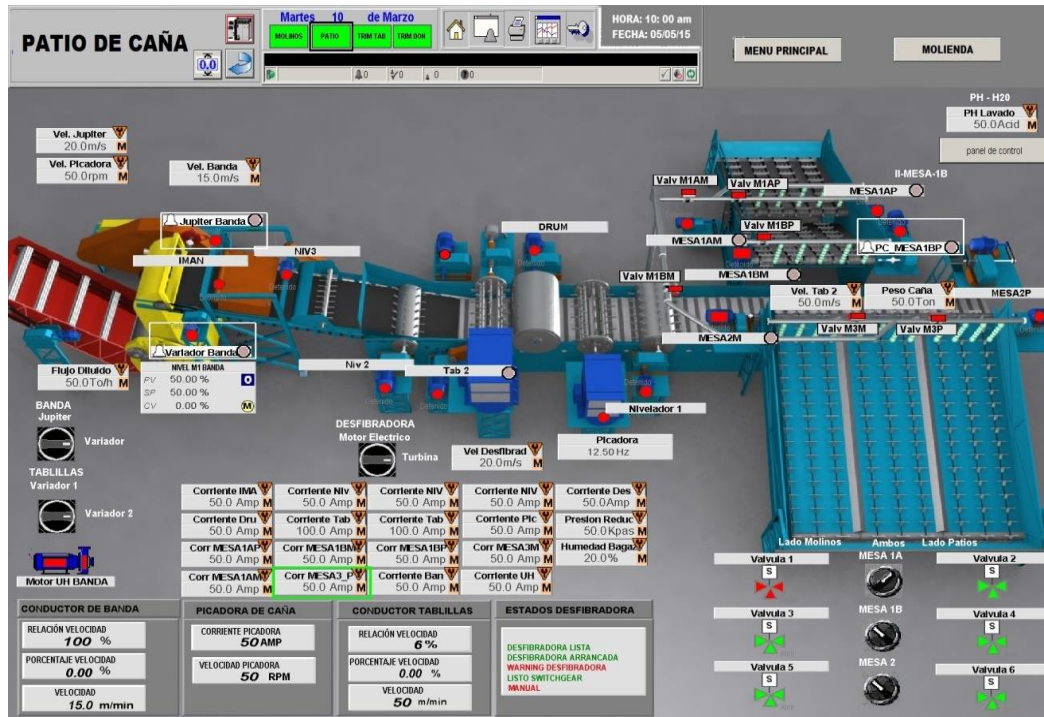
Figura 9. Área de molinda del proceso de fabricación de Caña de Azúcar.



Fuente: Propia, 2015.

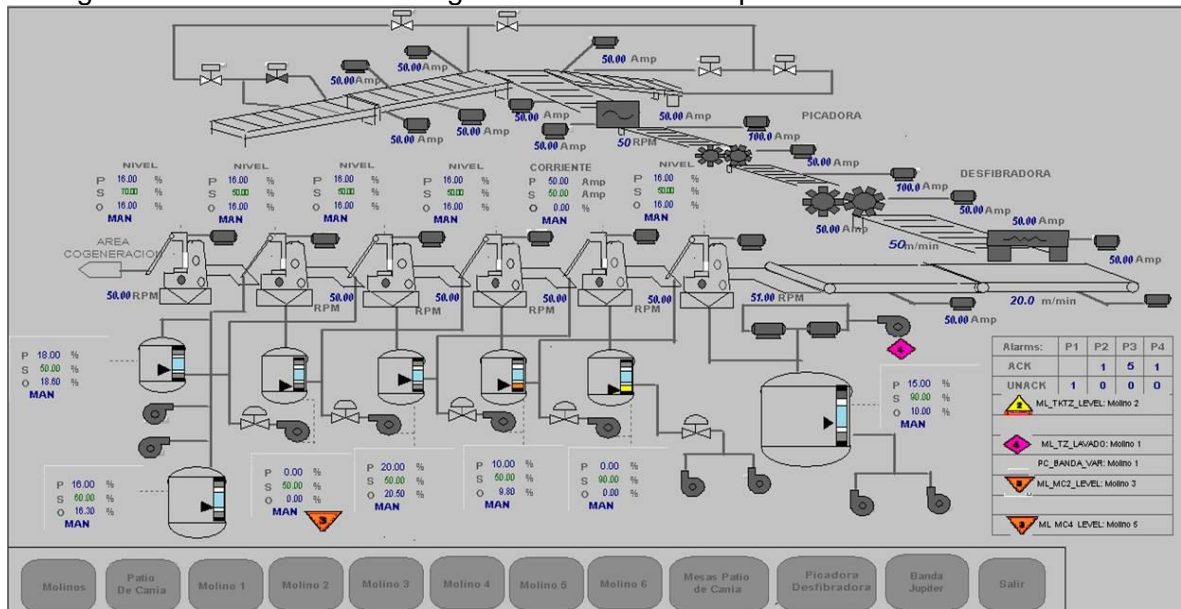


Figura 10. Área de caña del proceso de fabricación de Caña de Azúcar.



Fuente: Propia, 2015.

Figura 11. Pantalla de la vista general del área 1 del proceso con Alto Rendimiento.



Fuente: Propia, 2015.

**M.14.1** Observaciones, sugerencias y recomendaciones sobre las Figuras 9, 10 y 11.

**M.14.2** ¿Qué fortalezas y debilidades identifica de las Figuras 9, 10 y 11?

**M.14.3** ¿Cree que la Figura 11 es impactante? ¿Por qué?:

**M.14.4** ¿Considera la opción de aplicar lo consignado en la Figura 11, en su rutina de crear y diseñar interfaces HMI, con el enfoque de Alto Rendimiento?:

**M.14.5** Si le pusiera a elegir entre la Figura 9-10 y 11, ¿Cuál escogería? ¿Por qué?:

**M.15** Considera que la interfaz de la Figura 11.

**M.15.1** Facilita su aprendizaje para una correcta ejecución y que además permite una rápida utilización, minimizando errores, alto grado de satisfacción del usuario y objetivos claros.

Si: \_\_\_\_ No: \_\_\_\_

**M.15.2** Puede mejorar la calidad, costos operacionales, desarrollo y mantenimiento.

Si: \_\_\_\_ No: \_\_\_\_

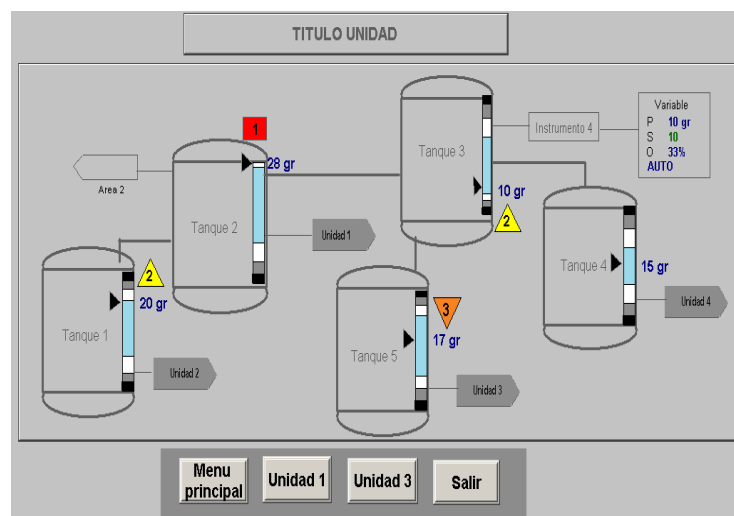
**M.15.3** Puede reducir los tiempos de aprendizaje y los costos de re diseño.

Si: \_\_\_\_ No: \_\_\_\_

**M.16** ¿De la Figura 12. Se puede decir que las alarmas son claras, concretas y eficaces?

Si: \_\_\_\_ No: \_\_\_\_

Figura 12. Presencia del método 3 de las alarmas en un proceso.



Fuente: Propia, 2015.

## ANEXO N

### CORRECCIÓN CERTIFICADO DE APOYO DE LA EMPRESA OMNICON S.A., EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE GRADO.



#### Certificación

Señores:  
**Universidad del Cauca**  
Facultad de electrónica y telecomunicaciones  
Popayán (Cauca)

Respetuoso saludo,

Por medio de la presente certificamos que los estudiantes:

- Lisseth Xiomara Villa Ordóñez CC No. 1.061.744.442 de Popayán
- Sandra Ximena Medina Zemanate CC No. 1.061.742.187 de Popayán

Cuentan con la aprobación y apoyo de la compañía para la realización del trabajo de grado denominado:

"Conceptualización de una guía práctica, para Interfaces Humano - Máquina HMI de Alto Rendimiento, para la empresa OMNICON S.A."

La presente certificación se expide en Santiago de Cali, el día Veinticuatro de Junio del año 2015

Atentamente,

**MAGALLI CALLEJAS CAMPOS**  
Directora de Talento Humano  
**Omnicon S.A**

CALI	BOGOTÁ	BARRANQUILLA	INTERNACIONAL - USA
† Calle 174 # 9N - 20	† Calle 98 # 65A - 40	† Cra. 41D #80 - 74	† 1520 Weston Rd Suite # 200
☎ (+57)(62) 661 23 26	☎ (+57)(0) 253 37 88	☎ (+57) 317 648 16 68	Weston, FL 33326
☎ (+57)(62) 403 00 23	☎ (+57)(0) 226 68 86	☎ (+57)(5) 303 74 74	☎ (1) 954 384 53 63
☎ (+57)(62) 668 57 32			☎ (1) 954 384 66 42

ventas@omnicon.cc - servicioalcliente@omnicon.cc - www.omnicon.cc

## ANEXO O

### RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL ANTEPROYECTO



UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
CONSEJO DE FACULTAD

8.4.2-90.14/774 DE 2014  
(Octubre 24)

Por la cual se aprueba un anteproyecto de grado.

El Consejo de Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca, en uso de su competencia funcional y,

#### CONSIDERANDO:

Los estudiantes Lisseth Xiomara Villa Ordoñez, Código 47081061 y Sandra Ximena Medina Zemanate, código 47091273, alumnos regulares del Programa de INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL, solicitan les aprueben el Anteproyecto del Trabajo de Grado titulado: "Conceptualización de una guía práctica para interfaces hombre – máquina (HMI) de alto rendimiento para la Empresa OMNICON S.A.", dirigido por el Ingeniero Oscar Amaury Rojas Alvarado.

La solicitud es reglamentaria, teniendo en cuenta que el Comité de Programa ha emitido concepto favorable con relación al anteproyecto mencionado, de conformidad con lo estipulado en el Acuerdo del Consejo Superior No. 027 de 2012 por el cual se reglamenta el trabajo de grado en los programas de pregrado de la Universidad del Cauca.

En mérito de lo expuesto,

#### RESUELVE:

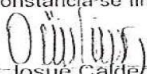
ARTICULO PRIMERO. Autorizar la aprobación del Anteproyecto del Trabajo de Grado titulado: "Conceptualización de una guía práctica para interfaces hombre – máquina (HMI) de alto rendimiento para la Empresa OMNICON S.A.", dirigido por el Ingeniero Oscar Amaury Rojas Alvarado, a cargo de los estudiantes Lisseth Xiomara Villa Ordoñez y Sandra Ximena Medina Zemanate.

ARTICULO SEGUNDO.- Según la reglamentación vigente, el tiempo establecido para la terminación del Trabajo de Grado es de 9 meses, contado a partir de su aprobación por parte del Consejo de Facultad hasta el momento del inicio de los trámites de sustentación. Si el Director justifica la necesidad de más tiempo para finalizar el Trabajo de Grado, el Consejo de Facultad le podrá conceder una prórroga por una sola vez hasta por tres meses calendario. La prórroga debe ser solicitada quince días antes del vencimiento del tiempo establecido para la terminación del Trabajo de Grado. En caso de no realizar el trámite a tiempo, el trabajo se considera no aprobado y el estudiante deberá iniciar el trámite para la aprobación de un nuevo proyecto de Trabajo de Grado por una segunda y única oportunidad.

ARTICULO TERCERO.- Enviar copia de la presente Resolución al Director del Trabajo de Grado y a la historia académica de los estudiantes.

ARTICULO CUARTO.- Notificar personalmente del contenido de la presente Resolución al estudiante.

Para constancia se firma en Popayán, a los veinticuatro (24) días del mes de Octubre del año dos mil catorce (2014).

  
Oscar Josué Calderón Cortes  
Presidente Consejo de Facultad

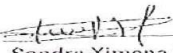
#### DILIGENCIA DE NOTIFICACIÓN

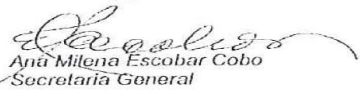
**NOTIFICACION:** En la fecha notifico personalmente a los estudiantes Lisseth Xiomara Villa Ordoñez y Sandra Ximena Medina Zemanate, del texto de Resolución que antecede, advirtiéndolo que contra ella procede el recurso de reposición ante el Consejo de Facultad dentro de los quince (15) días hábiles siguientes a la fecha de la presente notificación.

Impuesto firma

Fecha: 06 de Noviembre de 2014.

  
Lisseth Xiomara Villa Ordoñez  
Notificado (a)

  
Sandra Ximena Medina Zemanate  
Notificado (a)

  
Ana Milena Escobar Cobo  
Secretaría General

Olga C.

**ANEXO P**  
**CERTIFICADO DE APROACIÓN DE LA TESIS EN OMNICON S.A.**

**CERTIFICACIÓN**

Señores:

**Universidad del Cauca**

Facultad de Electrónica y Telecomunicaciones

Popayán (Cauca)

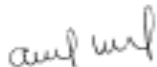
Atento Saludo,

Por medio de la presente OMNICON certifica y manifiesta que las estudiantes **Liseth Xiomara Villa Ordoñez** identificada con C.C No. 1.061744.442 de Popayán y **Sandra Ximena Medina Zemanate** identificada con C.C No. 1.061.742.187 de Popayán, cumplen con los objetivos planteados según las necesidades establecidas desde el inicio del proyecto.

Por tanto, cuentan con nuestra **aprobación y aceptación** del trabajo de grado titulado **"Conceptualización de una guía práctica, para interfaces Humano – Máquina HMI de Alto Rendimiento, para la empresa OMNICON S.A."**

La presente certificación se emite en Santiago de Cali, el día 12 de Mayo del 2015.

Cordialmente,



---

**Ángela Valdés**

**C.C No. 38665253**

**Directora de Ingeniería**

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bill Hollifield, Dana Oliver, Ian Nimmo and Eddie Habib, «The High Performance HMI Handbook,» Houston, United States, PAS, 2008.
- [2] P. Ponsa, A. Granollers, Universitat Politècnica de Catalunya, «Diseño de sala de control,» [Online]. Available: <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/salacontrol.pdf>
- [3] Jeanine Katzel, «Information system: The evolution HMI,» January 01, 2012. [Online]. Available: <http://www.controleng.com/single-article/information-systems-the-evolution-of-the-hmi/d643c1d8644f73884df2c0827cb31f38.html>
- [4] Pere Ponsa, Marta Díaz, Andreu Catalá, «Creación de guía ergonómica para el diseño de interfaz de supervisión,» [Online]. Available: <http://aipo.es/articulos/4/4.pdf>
- [5] Aquilindo Rodriguez Pinin, Marcomo, «Sistemas SCADA,» [Online]. Available: <http://books.google.es/books?id=32kgCNG34TwC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- [6] Sandra Paulina Valencia Aguilar, «Guía metodológica para diseño de interfaces de usuario para control y supervisión de procesos industriales – Definición GUI,» Tesis de Pregrado en Ingeniería de Control, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2012.
- [7] Ian Nimmo, «Abnormal Situation Awareness - The Need for Good Situation Awareness,» 2004. [Online]. Available: <http://www.mycontrolroom.com/download-pages/situational-awareness-documents>
- [8] «Procedimientos para el diseño e instalación del sistema HVAC,» [Online]. Available: <http://www.consol.ws/builder-resources/files/hvac-espanol.pdf>
- [9] Universidad Complutense Madrid, Dirección del Servicio de Prevención de riesgos laborales y medicina del trabajo, MAPFRE, «Curso de prevención de riesgos laborales en pantallas de visualización de datos (PVD's),» [Online]. Available: <http://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2013-02-18-0-PREVENCI%C3%93N%20DE%20RIESGOS%20LABORALES%20EN%20PANTALLAS%20DE%20VISUALIZACI%C3%93N%20DE%20DATOS.pdf>
- [10] Bill Hollifield, «A High Performance HMI: Better Graphics for Operations Effectiveness,» Orlando, Florida, USA, August 7-9, 2012. [Online]. Available: <http://isawwsymposium.com/wp-content/uploads/2012/07/WWAC2012->

invited\_BillHollified\_HighPerformanceHMIs\_paper.pdf

- [11] «Programación HMI,» 2013. [Online]. Available: <http://cursohmi.blogspot.com/>
- [12] Wonderware, «Uso de la Animación de Llenado de Barra Gráfica en el Software SCADA InduSoft Web Studio,» Julio, 2013. [Online]. Available: <http://www.indusoft.com/blog/2013/07/02/uso-de-la-animacion-de-llenado-de-barra-grafica-en-el-software-scada-indusoft-web-studio/>
- [13] Javier Abonza, «Programación de animaciones basicas intouch parte uno,» Febrero, 2011. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=K83p6ETH3L0>
- [14] Instituto Navarro de Salud laboral, «Riesgos por carga, fisica o mental, de trabajo,» [Online]. Available: <http://www.iucesmag.edu.co/saludocupacional/articulos/carga-fisicaylaboral.pdf>
- [15] OPTO 22 and GROOV, «Building an HMI that Works: New Best Practices for Operator Interface Design,» 2013 - 2014. [Online]. Available: [http://www.opto22.com/documents/2061\\_High\\_Performance\\_HMI\\_white\\_paper.pdf](http://www.opto22.com/documents/2061_High_Performance_HMI_white_paper.pdf)
- [16] Ian Nimmo, «Organizational accidents and Abnormal situation management,» [Online]. Available: <http://www.mycontrolroom.com/download-pages/situational-awareness-documents>
- [17] Joe Feely, «Think like an industrial operator,» July 14, 2014. [Online]. Available: <http://www.controldesign.com/articles/2014/think-like-an-industrial-operator/>
- [18] A. Huelves, F. Aguayo, J. Lama, V. Soltero, «Diseño para la usabilidad de productos,» Enero – Febrero, 2009. [Online]. Available: <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/55/42/a42.pdf>
- [19] Paul Gruhn, P.E, «Human Machine Interface (HMI) Design: The Good, the bad, and the ugly,» [Online]. Available: <http://www.marinetech.org/files/marine/files/Curriculum/IROV/Module13/gruhnhmidesignreviewed-110722135448-phppapp02.pdf>
- [20] P. Ponsa, A. Granollers, Universitat Politècnica de Catalunya, «Diseño y automatización industrial,» [Online]. Available: <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>

