

ESTUDIO ERGONÓMICO DE UN LABORATORIO DE CELULOSA DE UN CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Ergonomic study of a cellulose laboratory of a research and development center

Manuel Hernández Lara ¹

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar ergonómicamente el proceso de cocción del laboratorio de celulosa en un centro de investigación. Se evaluaron los factores físicos tales como la carga postural con la metodología REBA, y el manejo manual de carga con el método MAC. Además, se realizaron mediciones antropométricas y de las dimensiones de las estaciones de trabajo. Se aplicó una encuesta de clima laboral para el estudio de los factores organizacionales. Para evaluar la carga mental se aplicó el test NASA TLX. Se realizaron mediciones de factores ambientales. Complementariamente, se realizó el análisis de un incidente crítico con diagrama de Ishikawa vinculado al principal riesgo asociado al proceso. De las evaluaciones, se concluyó que las tareas que entrañan mayor riesgo son el vaciado de pulpa y transporte de bolsas, debido a sobrecarga postural y riesgos derivados del manejo manual de cargas. Las tareas de astillado y clasificación de astillas presentan exposición ocupacional a ruido por sobre la DRMP. En seguridad, se evidencian brechas respecto a condiciones generales de equipamiento y dispositivos de emergencia, existiendo oportunidades de mejora también para factores organizacionales. En base a los resultados, las recomendaciones están dirigidas a evitar la sobrecarga postural, reducir demandas de fuerza muscular y mejorar la organización del trabajo. Respecto al ruido, deben adoptarse medidas ingenieriles y priorizar soluciones de seguridad en relación a equipamiento y dispositivos de emergencia.

Palabras clave: Laboratorio de celulosa, sobrecarga postural, carga cognitiva, ruido.

¹ Magister en Ergonomía, Concepción, Chile, e-mail: manuel76@live.cl

Abstract

The objective of the study was to ergonomically characterize the cooking process of the cellulose laboratory in a research center. Physical factors such as postural load with the REBA methodology, and manual load handling with the MAC method were evaluated. In addition, anthropometric measurements and workstation dimensions were made. A work climate survey was applied to study organizational factors. To assess the mental load, the NASA TLX test was applied. Measurements of environmental factors were made. In addition, the analysis of a critical incident with an Ishikawa diagram linked to the main risk associated with the process was performed. To assess the user-centered design, the S.U.S. questionnaires were applied and Q.U.I.S. From the evaluations, it was concluded that the tasks that involve the greatest risk are the emptying of pulp and transport of bags, due to postural overload and risks derived from the manual handling of loads. The chipping and chip classification tasks showed occupational exposure to noise above the DRMP. In safety, gaps were evident regarding general conditions of equipment and emergency devices, there are opportunities for improvement also for organizational factors. Based on the results, the recommendations are aimed at avoiding postural overload, reducing muscle strength demands and improving work organization. Regarding noise, engineering measures must be taken and safety solutions must be prioritized in relation to emergency equipment and devices.

Keywords: Cellulose laboratory, postural overload, cognitive load, noise.

Fecha recepción: 03/07/2019 Fecha revisión: 16/07/2019 Fecha aceptación: 29/07/2019

Introducción

El centro de trabajo ejecuta proyectos de investigación y desarrollo de una importante compañía forestal, para las áreas forestal, celulosa y maderas. En cuanto al área de celulosa, posee un laboratorio con salas de trabajo y dependencias, en donde se desarrollan distintos procesos diferenciados por área, pero internamente interrelacionados entre sí en la cadena de producción (madera, cocción, blanqueo y fibra), absorbiendo la mayor parte de las prestaciones de soporte técnico y analítico que agregan valor competitivo al negocio de celulosa de la compañía.

El proceso de cocción, objeto de estudio, consiste en la realización de diversas actividades asociadas a la simulación a escala piloto y laboratorio, de las distintas etapas de producción de celulosa, desde la madera hasta la pulpa blanca. Para esto, la empresa cuenta con un equipo de profesionales altamente capacitados y con la infraestructura necesaria para realizar las distintas etapas del proceso productivo y los análisis de laboratorio, de control de calidad y de trazabilidad.

Entre las distintas áreas y procesos que se efectúan, el más importante y crítico es el que se desarrolla en la sala de cocción, en el cual las actividades y tareas son variadas, vinculándose estrechamente con las desarrolladas en áreas contiguas (madera y blanqueo). Este proceso reviste de complejidad y tiene un potencial de impacto en la generación de problemas de seguridad y salud ocupacional por la presencia de factores de riesgo ergonómico debido al tipo y metodología de trabajo, asociado también a expectativas de desempeño y el cumplimiento de objetivos y metas estratégicas para la organización. Para seleccionar este proceso y a su vez determinar los subsistemas en donde se encuentran los puestos de trabajo, es necesario revisar indicadores clave de desempeño (KPI's), el diseño y la distribución de las personas, máquinas y equipos y, realizar una descripción del proceso, de las tareas y las actividades que realizan para evaluar metodologías, cargas y demandas del trabajo.

Ante lo anteriormente expuesto y teniendo en consideración que no existen investigaciones anteriores, se vislumbra una excelente oportunidad para realizar este estudio, el cual tiene los siguientes objetivos:

- Caracterizar el proceso productivo y describir los aspectos socio técnicos, legales y normativos de seguridad y salud ocupacional asociados al sistema de trabajo.
- Identificar la presencia de factores de riesgo ergonómico y estimar los niveles de riesgo en los subsistemas a estudiar mediante la aplicación de distintos métodos de evaluación.
- Evaluar la usabilidad y grado de satisfacción que presenta la experiencia de uso de la interfaz para el equipo crítico del proceso.
- Generar propuestas de intervención o alternativas de optimización en base a los hallazgos.

Materiales y métodos

Inicialmente se realizó una observación del sistema general de trabajo, determinando el propósito de éste, el flujo de actividades y los subsistemas que lo componen. Luego se realizó una entrevista con los trabajadores que ocupan el cargo de analista y ayudante en el laboratorio de celulosa, supervisora y jefaturas del área (por separado), en la cual se indagaron aspectos generales del sistema productivo y de los puestos de trabajo como: descripción de tareas realizadas, responsabilidades y principales problemáticas detectadas. Posteriormente se aplicó una lista de verificación basada en el método EWA (Ahonen, M., Launis, M., Kuorinka T., y Työterveyslaitos, 1989) para la observación sistemática de las condiciones de trabajo en base a 14 ítems diferentes, incluyendo los 3 subsistemas a estudiar (madera, cocción y formación y análisis de pulpa).

Una vez aplicada el instrumento de verificación para la detección de factores de riesgo ergonómico en los puestos de trabajo, se realizaron focus group (ayudantes, analistas, supervisora y jefatura), donde se contrastó, profundizó y aprovechó la instancia para establecer precisiones respecto a la información levantada con un enfoque aclaratorio, participativo y constructivo. Por otra parte, se revisó la estadística de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales de los últimos 5 años, reportes y avisos de incidentes, auditorías y fiscalizaciones de los últimos 3 años, organigrama y estructura organizacional de la empresa, además de los resultados por variables demográficas de la evaluación de clima laboral.

Al personal se le aplicó una encuesta que registró antecedentes de accidentes y enfermedades presentadas el último año o durante su desempeño en el cargo. Se recabó información sobre la presencia de síntomas de molestias musculo esqueléticas, empleando la técnica de Bishop (Wilson, J. y Corlett, E., 1992). Para la identificación y evaluación de factores físicos, se procedió a efectuar un levantamiento fotográfico y filmaciones, para la observación de tareas y estimación de tiempos de trabajo, medición de dimensiones antropométricas de los trabajadores y de las estaciones de trabajo, junto con recabar antecedentes de organización del trabajo y condiciones generales de salud y seguridad. De este modo, se realizó una estimación de niveles de riesgo mediante método REBA (Hignett S. y McAtamney L., 2000) para carga postural y MAC para manejo manual de carga (MMC) (Subsecretaria de Previsión Social, 2008).

En cuanto a los factores organizacionales, se utilizó como input una encuesta de clima laboral.

En relación a los factores cognitivos, se aplicó el test NASA TLX (Hart S.G. y Staveland L.E., 1988) para evaluar la carga mental subjetiva.

Respecto a factores ambientales, se realizaron mediciones de agentes físicos ruido e iluminación, además de temperatura ambiental y humedad relativa.

Como método subjetivo, se analizó el análisis de un incidente crítico mediante método o diagrama de Ishikawa vinculado al principal riesgo asociado al proceso.

Finalmente, para valorar diseño ergonómico centrado en el usuario (DCU) se aplicaron los Cuestionarios S.U.S. (System Usability Scale) (Brooke, J. 1986) y Q.U.I.S. (Questionnaire for User Interface Satisfaction) para el equipo crítico del proceso (digestor CRS) (Chin J., Diehl V., y Norman K., 1988).

Los materiales y equipos adicionales utilizados para efectuar este estudio se listan en tabla 1.

Instrumentos o materiales utilizados			
1	Lista de verificación impresa	2	Tablero con Hojas y cuestionarios
3	Cámara Fotográfica	4	Cinta Métrica
5	Báscula con Tallímetro	6	Termo-Higrómetro
7	Sonómetro y Dosímetro	8	Software Ergocargas 2.0 (ACHS)
9	Luxómetro y Luminanciómetro	10	Notebook con conexión a internet

Tabla 1. Materiales.

Resultados y discusión

1. Análisis del sistema de trabajo

Para este análisis se separó el sistema general con sus sub-sistemas para analizar las interacciones en términos generales.

General: Los 10 profesionales de la unidad realizan sus actividades en horario de lunes a jueves de 08 a 18 horas, y viernes de 08 a 15:30 horas, con media hora de colación no imputable a la jornada. Las actividades se pueden agrupar en 3 subsistemas (figura 1).

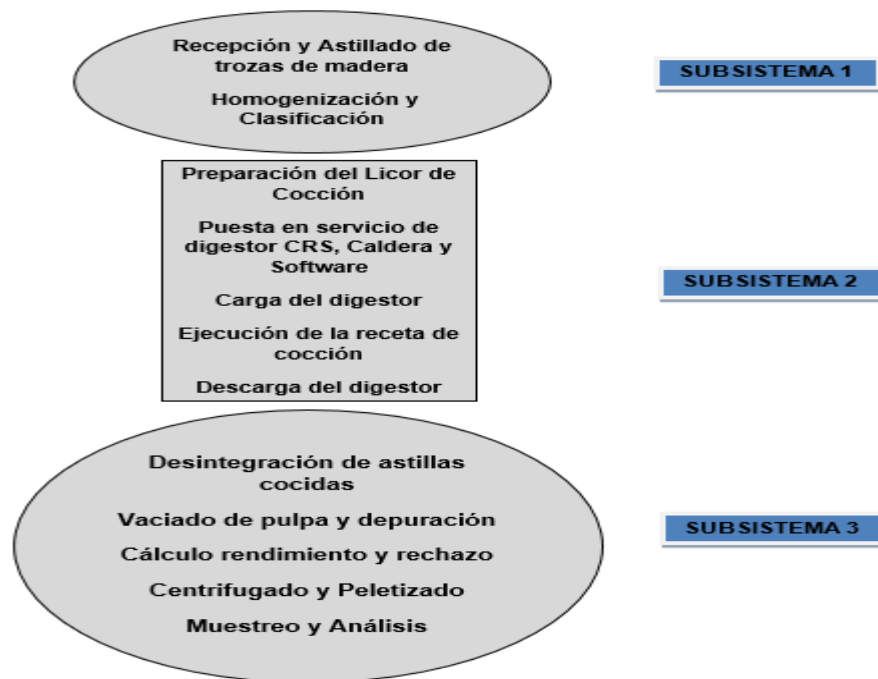


Figura 1. Subsistemas del laboratorio de celulosa.

Para contextualizar, se señala que el primer subsistema está integrado por 1 o 2 trabajadores, quienes realizan labores de recepción y astillado de trozas de madera (previamente descortezadas), las cuales, posterior al chipeado realizado por el astillador, son llevadas en el mismo depósito o contenedor hacia una superficie limpia de cemento o carpeta en el patio exterior. En este lugar se cuartea la muestra en forma sucesiva con reiterados movimientos utilizando palas y escobillón, hasta quedar con una pila única de astillas homogeneizadas, para que luego estas sean ensacadas y, finalmente clasificadas mecánicamente en cuanto a su tamaño y forma, procediéndose a embolsar y etiquetar las fracciones aceptables según criterio de calidad.

El subsistema 2 concentra el proceso principal y está compuesto por un trabajador, quién eventualmente puede ser apoyado en forma puntual dependiendo de la disponibilidad y tareas colaterales encomendadas. El primer paso es determinar la alcalinidad y sulfidez del licor blanco industrial utilizable, y hacer los ajustes según los requerimientos del proyecto. Además se deben calcular los volúmenes de licor blanco, volumen de relleno (agua o licor negro) y volumen de la mezcla final acorde al tipo de cocción. Una vez definidas las cantidades, se deben mezclar los volúmenes en un recipiente resistente al álcali, localizarlo en posición cercana a la línea acumuladora y luego, colocar el dispositivo de succión dentro del recipiente. Posteriormente, se

da puesta en marcha al control de la unidad CRS y caldera, se encienden los computadores de la estación de trabajo y, se inicia el software para activar la interfaz de comunicación entre el operador y la unidad CRS. Finalmente, se debe realizar la carga de astillas al equipo, tapar y asegurar el canastillo y, crear y ejecutar una receta de cocción, actividad que requiere un monitoreo y muestreo continuo con una duración promedio de 5 o 6 horas, hasta que se finaliza el proceso, en donde se descargan las astillas cocidas y se traspasan a una bolsa de polietileno, incluyendo las provenientes del lavado del canastillo, para luego proceder a etiquetar la muestra.

El subsistema 3 considera una cantidad variable de uno a dos trabajadores. Estos deben vaciar la bolsa con astillas cocidas a un recipiente plástico de 55 litros, para después llenarlo con agua hasta tres cuartos de su capacidad. A continuación, se da inicio a la desintegración de astillas mediante la operación del equipo desintegrador por un lapso de 30 minutos. Enseguida, se procede a vaciar la pulpa hacia la depuración en los harneros, para que la pulpa clasificada quede retenida en la bolsa de malla a la salida del tubo de drenaje. Ya realizada la depuración, se mide el rendimiento y rechazo de cada cocción. Posteriormente, la bolsa con pulpa drenada se cierra con un elástico, se lava con abundante agua y se le quita el exceso de agua presionándola con las manos, para luego centrifugar la bolsa por aproximadamente 2 minutos. El contenido de la bolsa se transfiere al recipiente del equipo peletizador, iniciándose el peletizado hasta que no se observen grumos por un tiempo máximo de 15 minutos. Una vez terminado el peletizado, el contenido se embolsa y pesa en una balanza digital, procediéndose al registro e identificación de la muestra. Finalmente, la muestra peletizada se seca o humecta según sea el caso para determinar el índice kappa y contenido de materia seca en la pulpa.

Puestos de trabajo: Por medio de entrevistas y observaciones, se determinaron las actividades principales y secundarias de ambos cargos (analista y ayudante), las cuales difieren en cuanto a programación interna y requerimientos de producción, sin embargo, a modo referencial, el primero realiza labores más técnicas por su formación profesional y, el segundo tareas de apoyo, asistencia o soporte al proceso.

2. Lista de verificación y focus group

De la aplicación de la lista de verificación para el levantamiento de riesgos ergonómicos, y de la actividad de focus group, se encontraron los riesgos indicados en la tabla 2.

Aspecto	Riesgos/Hallazgos	Descripción
Espacio de trabajo	Áreas de tránsito estrechas y obstruidas; adopción de movimientos y posturas inadecuadas por la disposición de ciertos controles; espacios insuficientes para bodegaje y almacenamiento de materias primas.	Debido al layout de las instalaciones, configuración de maquinarias, componentes y equipos, y la incorporación de sistemas para el desarrollo de nuevos proyectos, el espacio de trabajo disponible está disminuido.
Postura y movimientos	Posturas de inclinación de cuello y tronco (flexión) y movimientos pronunciados de extremidad superior derecha durante la tarea de vaciado de pulpa.	La tarea de vaciado de pulpa es percibida por los trabajadores como la que ocasiona mayor incomodidad.
Riesgo de accidente	Presencia de riesgos físicos, químicos, mecánicos, etc.	2 accidentes en el laboratorio por exposición a ácido sulfhídrico y atrapamiento. Si bien la probabilidad de accidente es baja, la consecuencia es alta.
Contenido del trabajo	Pese a las limitaciones que impone el perfil de cargo ayudante, se ha promovido una permanente participación en la planificación y ejecución de las tareas, basado en la capacitación y perfeccionamiento continuo.	Las exigencias de la tarea están directamente relacionadas con el nivel de formación, dominio y resolución técnica que ameritan las funciones o responsabilidades asignadas conforme a la complejidad del proceso, existiendo diferencias entre analistas y ayudantes.

Autonomía del trabajador	Marcada dualidad, poca autonomía para el caso del operador del equipo CRS (analista) versus el ayudante que goza de mayor libertad para la ejecución de tareas.	La tarea o el método de trabajo quedan mayoritariamente restringidos por las características del proceso de cocción (equipo CRS), el resto son en su mayoría labores manuales y operaciones simples.
Comunicación del trabajador	Oportunidad de interactuar con otros, sujeto a la secuencia de actividades, ruido, etc.	Son posibles las comunicaciones durante la jornada, pero limitadas por la situación del lugar de trabajo.
Toma de decisiones	Procedimientos de trabajo y análisis estandarizados para la confiabilidad de los resultados.	Existen instrucciones claras. Los trabajadores deben tener la capacidad de detectar y comunicar desviaciones.
Iluminación	Distribución no uniforme de las luminarias.	Predominio de iluminación artificial. Natural sólo en ambos costados
Ruido	Riesgo potencial de hipoacusia por exposición ocupacional a ruido para el cargo de ayudante.	Las características del proceso de astillado de madera y clasificación de astillas generan altos niveles de ruido.

Tabla 2. Principales riesgos/hallazgos ergonómicos.

3. Características de los trabajadores e indicadores de salud y bienestar

Edad, tamaño y composición corporal

En la tabla 3 se describen las características de edad, tamaño y composición corporal de cinco trabajadores del laboratorio de celulosa con el cargo de analista y ayudante, quienes cotidianamente laboran en los 3 subsistemas estudiados. Se observa que la estatura media del grupo de hombres es de 169, 5 centímetros, con un rango de 164 y 175 centímetros. Estos valores de estatura están dentro del 5 y el 95 percentil de tamaño corporal de la población nacional masculina (Apud E. y Gutiérrez M., 1997). El 100% de los trabajadores presenta índices de composición corporal que los clasifica con obesidad (porcentaje de masa grasa mayor a 20% para hombres).

		Promedio	DE	Min	Max
Edad	Años	35,0	3,2	32,0	40,0
Peso	Kg	85,4	4,0	80,0	91,0
Estatura	cm	169,5	4,5	164,0	175,0
IMC	Kg/m ²	29,7	1,1	28,0	31,0
Masa grasa	%	28,4	2,0	25,9	30,6
Masa grasa	Kg	24,3	2,7	21,7	27,8
Masa libre de grasa	Kg	61,0	2,2	57,8	63,2

Tabla 3. Edad, tamaño y composición corporal de trabajadores de género masculino del laboratorio de celulosa.

Indicadores de salud y bienestar

Indicadores de salud: Accidentabilidad y licencias médicas relacionadas con trastornos musculoesqueléticos (TME).

No se registran accidentes ni licencias médicas relacionadas con TME durante los últimos 12 meses. Tampoco durante los últimos 24 meses.

Indicadores de bienestar: Disconfort y molestias musculoesqueléticas (MME).

La única zona en que dos de los encuestados experimentan MME y disconfort, corresponden al hombro derecho, de una intensidad moderada, 3,5 según la escala de Borg (Borg, G., 1998). En cuanto a las causas referidas, destacan la postura que debe adoptar la articulación del hombro en las labores de vaciado de pulpa.

4. Áreas de trabajo, trabajo estático-dinámico y condiciones de seguridad y salud

Dimensiones de las estaciones de trabajo

Las estaciones de trabajo y el mobiliario en general es adecuado para las características de la población usuaria. En las siguientes tablas se observan las dimensiones de la estación y del mesón de trabajo de la sala de cocción y, las dimensiones del mesón de trabajo de la sala de astillado.

Parámetro	Medida
Ancho	75 cm.
Alto	90 cm.
Largo	357 cm.
Profundidad de la estación	70 cm.



Tabla 4. Dimensiones de estación de trabajo sala de cocción.

Parámetro	Medida
Ancho	72 cm.
Alto	90 cm.
Largo	280 cm.



Tabla 5. Dimensiones mesón de trabajo sala de cocción.

Parámetro	Medida
Ancho	52 cm.
Alto	92 cm.
Largo	350 cm.



Tabla 6. Dimensiones mesón de trabajo sala de astillado.

Trabajo estático-dinámico

Del total de tareas observadas, se evaluaron dos actividades que, tanto del punto de vista postural como en relación al MMC, se prevé revisten mayor riesgo para los trabajadores, en este caso, para el personal con el cargo de ayudante.

La primera actividad está inserta en el proceso de vaciado de pulpa, consistente en, el traspaso desde el recipiente de origen de la mezcla, al depurador de pulpa. El vaciado se realiza utilizando un jarro que contiene la pulpa, el cual pesa cerca de 3 kilogramos. Esta tarea es realizada por el trabajador con la extremidad dominante (derecha), realizando flexión de cuello y tronco al llenar el jarro con pulpa, junto con movimientos de los hombros, antebrazos y muñecas en rangos fuera de confort (Colombini, D., Grieco, A., y Occhipinti, E., 1998). Se destaca que el acople mano-jarro es bueno. Para evaluar el riesgo de sobrecarga postural se utilizó el método REBA (Hignett S. y McAtamney L., 2000), cuyo resultado se presenta en tabla 7.



RESULTADO MÉTODO REBA		PUNTUACIÓN FINAL	NIVEL DE ACCIÓN	NIVEL DE RIESGO	ACTUACIÓN
NIVELES DE RIESGO Y ACCIÓN					
Puntuación REBA	6	1	0	INAPRECIABLE	No es necesaria actuación
Nivel de Acción	2	2-3	1	BAJO	Puede ser necesaria la actuación
Nivel de Riesgo	Medio	4-7	2	MEDIO	Es necesaria actuación
Actuación	Es necesaria actuación	8-10	3	ALTO	Es necesaria la actuación cuanto antes.
		11-15	4	MUY ALTO	Es necesaria la actuación de inmediato.

Tabla 7. Resultado evaluación vaciado de pulpa.

La segunda actividad corresponde al transporte de astillas clasificadas al carro de transporte para ser llevadas a la sala de cocción. El peso de la carga varía entre 14 a 20 kilogramos y, dependiendo del stock almacenado, la frecuencia máxima de transporte es de 20 a 30 por hora, por un lapso de 2 horas. Durante la actividad, los brazos se mantienen levemente alejados del cuerpo y el tronco erguido, y dado que la carga es estable, las manos y los brazos se mantienen en forma simétricamente dispuestos frente al tronco. El acoplamiento mano-objeto es regular, debido a que la bolsa no tiene un sistema de sujeción, pero permite hacer pinza para agarre. La superficie de tránsito es buena, y la distancia de traslado es de aproximadamente 4 metros, no existiendo obstáculos que impidan el desplazamiento.

RESULTADOS	Nivel	Color
A. Peso de la carga y frecuencia	0	Verde
B. Distancia entre las manos y espalda	3	Naranja
C. Carga Asimétrica	0	Verde
D. Restricciones Posturales	1	Naranja
E. Acoplamiento mano-objeto	1	Naranja
F. Superficie de tránsito	0	Verde
G. Otros factores ambientales	0	Verde
H. Distancia de traslado	1	Naranja
I. Obstáculos	0	Verde
Nivel de Riesgo y Clasificación Final:	6	Naranja



Descripción	Nivel de Riesgo
Se debería considerar la vulnerabilidad de ciertas personas (ej.: mujeres, trabajadores jóvenes, etc.)	Bajo
Aunque no existe una situación de riesgo alto, es recomendable examinar la tarea cuidadosamente	Moderado
Se requiere introducir mejoras pronto. Esta situación podría exponer a riesgo de lesiones a la espalda a una proporción significativa de trabajadores	Alto
Las tareas evaluadas podrían representar riesgo serio de lesiones a la espalda, por lo que debería analizarse detenidamente para introducir mejoras	Muy Alto

Tabla 8. Resultado evaluación transporte de bolsas de astillas clasificadas.

Condiciones generales de seguridad

En base a auditorías internas, externas y fiscalizaciones de la autoridad sanitaria, existen condiciones ambientales que deben mejorarse. Al respecto, las duchas de emergencia y lavaojos deben contar con una conexión a desagüe y un pretil de contención, y por otra parte, los pasillos interiores deben poseer luces de emergencia.

5. Resultados Test Nasa TLX

Se aplicó el test Nasa TLX (Hart S.G. y Staveland L.E., 1988) para evaluar carga mental subjetiva a 9 trabajadores de la unidad, separando los resultados en 2 grupos. Para esto se consideraron en el grupo 1 a los trabajadores que laboran en otras áreas y, por contraparte, en el grupo 2 al personal que se desempeña en la sala de cocción. La representación gráfica se presenta en figura 2.

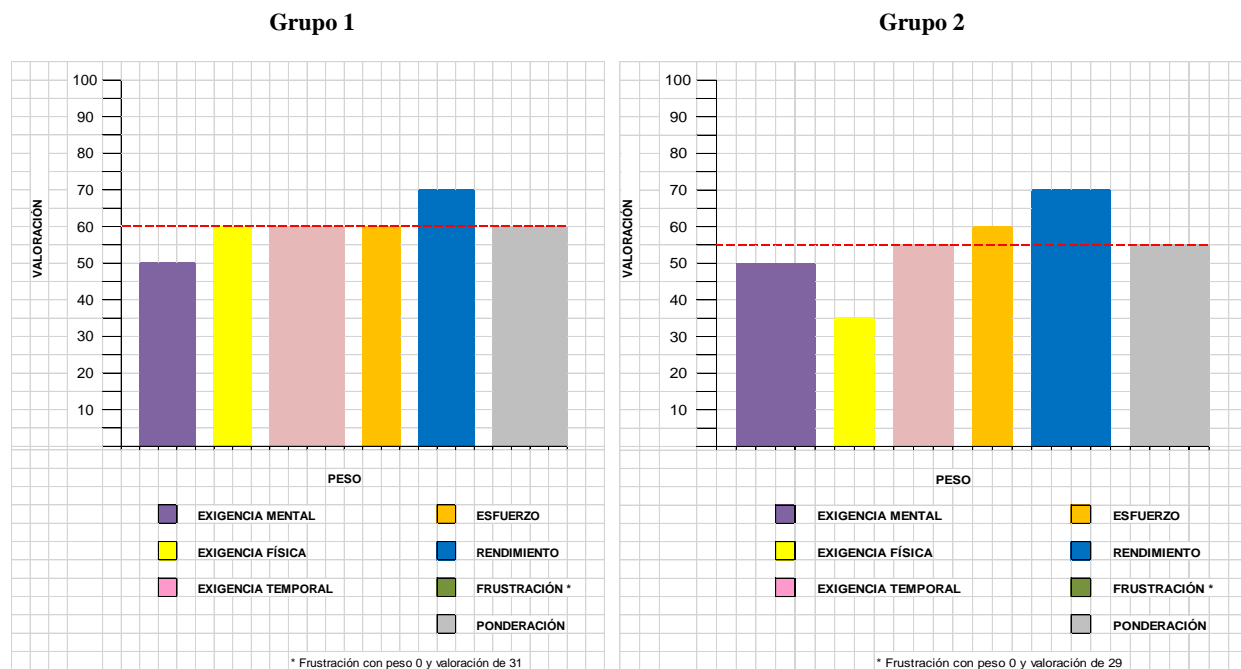


Figura 2. Representación gráfica resultados test Nasa TLX.

6. Resultados diagnóstico de clima laboral

A nivel de unidad se recabaron antecedentes sobre resultados de encuesta de clima laboral, empleada anualmente para medir el nivel de satisfacción del personal de la compañía en sus distintas filiales y, tomar las medidas necesarias para corregir los probables factores que impidan que los individuos desarrollen bien su trabajo. En la figura 3 se presenta resultado comparativo por dimensión y factor, de los últimos 3 años.

	2014	2015	2016	Dif
EFFECTIVIDAD DE LA EMPRESA	75	56	81	25
Direccionamiento Estratégico	74	46	82	36
Mejoramiento Continuo e Innovación	82	74	89	15
Gestión del Talento	59	41	63	22
Imagen Externa	78	66	85	19
Medio Ambiente	84	44	79	35
DESARROLLO INTEGRAL	73	61	75	14
Gestión del Desempeño	89	88	94	6
Oportunidades de Desarrollo	83	65	75	10
Calidad de Vida Laboral	66	42	92	50
Reconocimiento y Respeto	78	73	85	12
Remuneración y Beneficios	46	28	32	4

	2014	2015	2016	Dif
EFFECTIVIDAD INDIVIDUAL	76	74	92	18
Comunicación	67	63	84	21
Trabajo en Equipo	66	66	89	23
Recursos	81	67	89	22
Seguridad y Salud Ocupacional	77	86	97	11
Superior Inmediato	90	86	98	12
COMPROMISO	74	75	86	11
Satisfacción con el Cargo	67	71	94	23
Compromiso General	79	77	82	5

Clasificación	% Fav
Clara Fortaleza	> 75
Moderada Fortaleza	56 - 74
Oportunidad de Mejora	21 - 55
Critico	< 20

Figura 3. Resultados de clima laboral.

7. Resultados medición de condiciones físico-ambientales

Se realizaron mediciones de iluminación y luminancia y, de temperatura y humedad relativa en la sala de cocción. Además, en la sala de astillado se midió el nivel de ruido. Los resultados se presentan en las siguientes tablas.

Nº	Proceso	Actividad	Puesto de Trabajo	Exposición Efectiva (%)	NPSeq (1min) db (A)	Prioridad
1	Astillado de Madera	Operación y Control	Analista y Ayudante	50 % (Tpo.)	104,8	Alta
2	Clasificación de Astillas	Operación y Control	Analista y Ayudante	50 % (Tpo.)	94,6	Media

Prioridad	Definición	Acción
Alta	NPSeq1min > 95 dB(A)	Requiere evaluación cuantitativa en el corto plazo
Media	80 dB(A) < NPSeq1min ≤ 95 dB(A)	Requiere evaluación cuantitativa en el mediano plazo
Baja	NPSeq1min ≤ 80 dB(A)	No requiere evaluación cuantitativa

Tabla 9. Resultados medición de ruido sala de astillado. Fuente: Ministerio de Salud, 2013.

Área	Puesto de Trabajo	Tm (Hrs.)	Tp (Hrs)	NPSeq db(A)	Dosis	Calificación de Riesgo	Conclusión
Sala de Astillado	Ayudante	1,9	3,7	88,3	2,4	Importante	Sobre la DMP

Nivel de Riesgo	Condición de Exposición	Calificación del Riesgo	Acciones a seguir
1	Dosis < 0.5 Exposición Ocupacional bajo la Dosis de Acción.	Acceptable	Mantener o mejorar las condiciones de exposición. Se debe chequear cada tres años que la condición ambiental evaluada se mantenga.
2	0.5 ≤ Dosis < 10 Exposición Ocupacional igual o sobre la Dosis de Acción y bajo 10 veces la Dosis de Ruido Máxima Permitida.	Importante	Se establece un plazo de un año para implementar medidas de control. Los trabajadores deben ingresar al Programa de Vigilancia Médica de Enfermedades Profesionales.
3	Dosis ≥ 10 Exposición Ocupacional igual o sobre 10 veces la Dosis de Ruido Máxima Permitida.	Critico	Se establece un plazo de seis meses para implementar medidas de control. Los trabajadores deben ingresar al Programa de Vigilancia Médica de Enfermedades Profesionales.

Tabla 10. Determinación de exposición ocupacional a ruido. Fuente: Ministerio de Salud, 2013.

	A	B	C	D	E	F	Nivel de iluminación	Valor (lux)	Puestos en Estación de Trabajo	Luminancia (cd/m ²)
1	450	407	399	397	386	343	Máximo	450	Operador 1	30,7
							Mínimo	331		
2	436	392	390	384	369	331	Promedio (ΣA1:F2/12)	390,33	Operador 2	24,5

LUGAR O FAENA	ILUMINACION EXPRESADA EN Lux (Lx)
Pasillos, bodegas, salas de descanso, comedores, servicios higiénicos, salas de trabajo con iluminación suplementaria sobre cada máquina o faena, salas donde se efectúen trabajos que no exigen discriminación de detalles finos o donde hay suficiente contraste.	150
Trabajo prolongado con requerimiento moderado sobre la visión, trabajo mecánico con cierta discriminación de detalles, moldes en fundiciones y trabajos similares.	300
Trabajo con pocos contrastes, lectura continuada en tipo pequeño, trabajo mecánico que exige discriminación de detalles finos, maquinarias, herramientas, cajistas de imprenta, monotipias y trabajos similares.	500
Laboratorios, salas de consulta y de procedimientos de diagnóstico y salas de esterilización.	500 a 700
Costura y trabajo de aguja, revisión prolija de artículos, corte y trazado.	1000
Trabajo prolongado con discriminación de detalles finos, montaje y revisión de artículos con detalles pequeños y poco contraste, relojería, operaciones textiles sobre género oscuro y trabajos similares.	1.500 a 2.000
Sillas dentales y mesas de autopsias	5.000
Mesa quirúrgica	<u>20.000</u>

Tarea	Luminancia en cd/m ²
Demasiado difícil	Más de 122,6
Muy difícil	35,0 - 122,6
Difícil	12,3 - 35,0
Ordinaria	5,3 - 12,3
Fácil	menor de 5,3

Tabla 11. Mediciones de iluminación y luminancia en estación de trabajo. Fuente: Decreto Supremo

594.

Día	Temperatura Ambiental (°C)		Media	Humedad Relativa (%)		Media
	Máxima	Mínima		Máxima	Mínima	
21-07-2016	22.4	17.1	19.8	66.4	46.8	56.6
21-01-2017	23.1	22.4	22.8	66.7	55.1	60.9

Tabla 12. Registro de temperatura ambiental (°C) y humedad relativa (%).

8. Análisis de incidente crítico

Dada la naturaleza del proceso productivo de celulosa, se incluyó el análisis de un incidente crítico acaecido en la sala de cocción, el cual es un riesgo inherente del proceso y tiene un alto potencial de producir accidentes graves o fatales a nivel industrial. Al hacer la revisión e indagación, se vislumbra que pese a que la instalación cuenta con una brigada de emergencia, esta no dispone de trajes de protección química, ni de equipos de respiración autónoma (SCBA), como medidas para abordar de mejor manera una contingencia de este tipo o de similar complejidad. Ver figura 4.

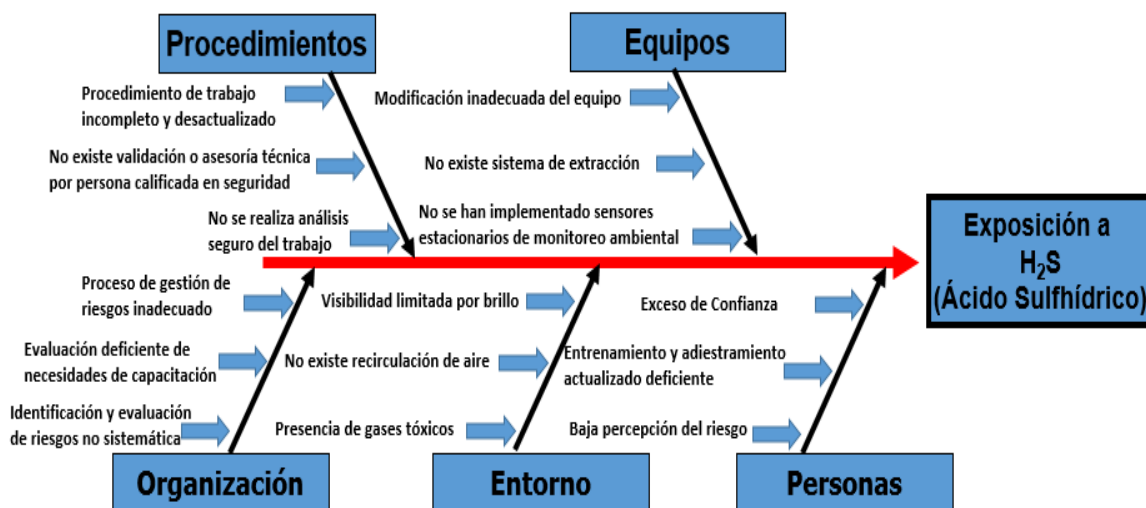
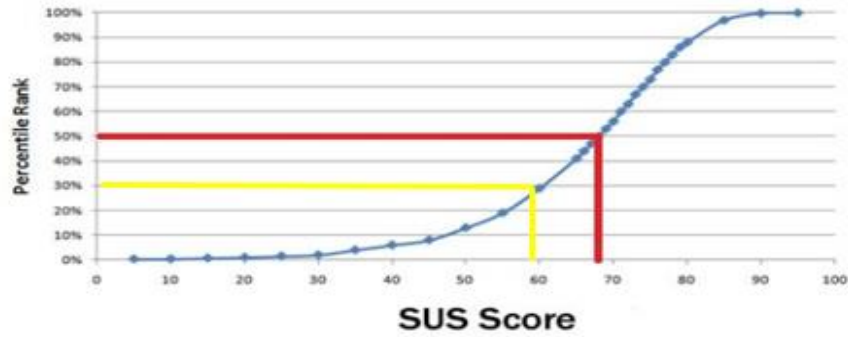


Figura 4. Diagrama de Ishikawa de un incidente crítico.

9. Resultados de Evaluación y Diseño centrado en el usuario (DCU):

Se aplicaron dos herramientas de evaluación; el cuestionario S.U.S. (Brooke, J. 1986) y el cuestionario Q.U.I.S. (Chin J. et al., 1988). Estas herramientas entregaron valiosa información acerca de la percepción de los operadores que controlan el sistema de cocción (equipo digestor CRS), sobre la usabilidad y grado de satisfacción sobre la experiencia en el uso de la interfaz. Los resultados se presentan en tablas 13 y 14 respectivamente.

Ítem 1	4-1=	3
Ítem 3	4-1=	3
Ítem 5	4-1=	3
Ítem 7	3-1=	2
Ítem 9	2-1=	1



Ítem 2	5-1=	4
Ítem 4	5-4=	1
Ítem 6	5-2=	3
Ítem 8	5-2=	3
Ítem 10	5-4=	1
Sumatoria total =		24
Total x 2,5 =		60

Al hacer la conversión del puntaje obtenido (60) en la tabla de normalización se mantiene en un rango aproximado de 30%.

Puntaje SUS	Nivel de Usabilidad
< 68 puntos	Deficiente
entre 68 – 75 puntos	Regular
entre 75 – 80 puntos	Bueno
> 80 puntos	Muy bueno

Tabla 13. Tabulación de resultado cuestionario S.U.S.

1.- Aspectos Favorables.				
Ítem:	N° y aspecto específico:	Puntuación	Motivos de la alta puntuación.	
A	N° 1 Las interfaces de usabilidad del sistema	8	Entendiendo la cocción que se realiza, el expresarlo en la receta es súper fácil	
C	N° 15 El sistema lo mantiene informado sobre lo que está ocurriendo	9	El equipo tiene una variedad de sensores y manómetros de visualización en pantalla	
C	N° 16 Mensajes o señales de advertencia o error	9	En la pantalla es posible visualizar problemas, fallas o advertencias que permiten la mejor toma de decisiones por ejm. en caso de emergencia o peligro (sobrepresión)	
2.- Aspectos Deficitarios.				
Ítem:	N° y aspecto específico:	Puntuación.	Motivos de la baja puntuación.	Estrategia de solución posible
E	N° 27 El sistema puede ser utilizado por todo tipo de usuarios, tanto expertos como inexpertos	2	El sistema requiere conocimientos técnicos específicos y capacitación	Generar un manual básico de usuario que permita integrar a cualquier tipo de usuario.

Tabla 14. Resumen abreviado cuestionario Q.U.I.S.

De acuerdo a los resultados, en términos de usabilidad, el equipo digestor CRS presenta deficiencias, con un valor ponderado de 60, bajo los 68 puntos que suponen ya un nivel deficiente.

Conclusiones

Desde el punto de vista de la identificación y evaluación de factores físicos en el estudio de los distintos subsistemas, las tareas que entrañan mayor riesgo corresponden al vaciado de pulpa y al transporte de bolsas con astillas clasificadas hacia el carro de transporte. Estas tareas están asociadas principalmente a sobrecarga postural y riesgos derivados del MMC.

En cuanto a los factores ambientales, para el puesto de trabajo de ayudante, las tareas de astillado de trozas de madera y clasificación de astillas presentan exposición ocupacional a ruido por sobre la dosis de ruido máxima permitida (DRMP) en relación a lo establecido en el Decreto Supremo 594/1999 y el protocolo de exposición ocupacional a ruido (PREXOR) (Ministerio de Salud, 2013).

En relación a la seguridad, existen condiciones generales que necesitan ser atendidas. La primera de ellas obedece a la inexistencia de equipamiento para hacer frente a emergencias químicas, y la otra, que los dispositivos de seguridad para uso en caso de salpicaduras y derrame de reactivos o productos (duchas de emergencia y lavajos) no permiten evacuar aguas residuales. Además, falta instalar luces de emergencia en pasillos interiores.

Respecto a los factores organizacionales, revisada la tabulación de la encuesta de clima laboral, el factor, remuneración y beneficios, de la dimensión de desarrollo integral, fue identificado como una oportunidad de mejora.

En cuanto al diseño centrado en el usuario, se evidencia que la usabilidad y la calidad de satisfacción en el uso de la interfaz del digestor CRS, equipo crítico del proceso, fueron evaluadas en forma deficiente o con baja puntuación. Este resultado no está relacionado a problemas serios o evidentes de diseño que sean percibidos por el usuario, sino más bien, a que la operación del sistema requiere tener conocimientos técnicos específicos y, estar acreditado como operador de caldera.

Por lo anterior, las recomendaciones están dirigidas a evitar la sobrecarga postural, reducir las demandas de fuerza muscular y a su vez, mejorar la organización del trabajo. Respecto al ruido, es necesario adoptar medidas de control de mayor efectividad a las actualmente se encuentran en uso (administrativas y elementos de protección personal). Por otra parte, es importante gestionar la solución de condiciones generales de seguridad relacionadas con equipamiento y dispositivos de emergencia. Finalmente, se debe familiarizar la información en el uso del equipo digestor CRS. A continuación se mencionan medidas de control propuestas:

- ✓ Acortar los períodos de rotación entre tareas, de manera que se realice alternancia durante la jornada entre los ayudantes o, incluir a otro analista de apoyo como volante.
- ✓ Rediseño del sistema de depuración (en relación a la altura de vaciado del jarro), disminuyendo la altura desde el nivel del suelo hasta el recipiente a 110 centímetros, considerando que las extremidades superiores adopten posturas que no sobrepasen los rangos de confort (hombro máximo 80° y flexión de codos entre 80° y 110°).
- ✓ Evaluar la factibilidad técnico económica de implementar un sistema integrado de desintegración y depurado de pulpa, considerando una mayor capacidad de almacenamiento, filtración y captación.
- ✓ Evaluar la factibilidad de que el pasillo de la sala de astillado posea un ancho que permita el ingreso del carro de transporte, en doble sentido, disminuyendo así la distancia de traslado de las bolsas con astillas. Mejorar la disposición del área de trabajo, de forma que sea mínima la necesidad de mover materiales.
- ✓ Habilitar bodegas o sectores adicionales de almacenaje de materias primas.
- ✓ Sensibilizar y gestionar el ingreso de los trabajadores al programa de cultura sana de la empresa, considerando su composición corporal que los clasifica en condición de obesidad.
- ✓ Gestionar ingreso del personal expuesto al programa de vigilancia médica de enfermedades profesionales por exposición ocupacional a ruido del organismo administrador.
- ✓ Implementar aislamiento acústico al interior de la sala de astillado, utilizando elementos constructivos existentes (dos paredes y techo de la actual sala). Se propone que este aislamiento posea puertas que permitan el acceso para operación y mantención del equipo, con una ventana para observación y, una abertura para el ingreso de las trozas de madera con un túnel absorbente del sonido para minimizar el ruido que se propaga por esta vía.

- ✓ Dotar a la brigada de emergencias de dos equipos completos para emergencias químicas (SCBA y trajes de protección química).
- ✓ Realizar la canalización a desagüe de las duchas de emergencia y lavaojos instaladas en lugares de manipulación de productos químicos, e instalar luces de emergencia en pasillos interiores.
- ✓ Generar espacios de negociación e instancias de acercamiento o diálogo para plantear aspiraciones, iniciativas de desarrollo organizacional y, plan de beneficios corporativos.
- ✓ Generar un manual básico de usuario que permita calificar a más operadores o, que sirva como material de consulta para personal del área y partes interesadas.

Referencias

- Ahonen, M., Launis, M., Kuorinka T., y Työterveyslaitos (1989). *Ergonomic workplace analysis*. Helsinki, Finland: Ergonomic Section, Finnish Institute of Occupational Health.
- Apud, E. y Gutiérrez, M. (1997). *Diseño ergonómico y características antropométricas de mujeres y hombres adultos chilenos*. Primeras Jornadas Iberoamericanas en Prevención de Riesgos Ocupacionales. Santiago.
- Borg, G. (1998). *Borg 's perceived exertion and pain scales*. Champaign, IL, US: Human Kinetics.
- Chin, J., Diehl, V., y Norman, K. (1988). Development of an instrument measuring user satisfaction of the human-computer interface. *ACM CHI'88 Proceedings*, 213-218.
- Brooke J. (1986). *Usability evaluation in industry*. London, England: Taylor and Francis
- Colombini, D., Grieco, A., y Occhipinti, E. (1998). Occupational musculoskeletal disorders of the upper limbs due to mechanical overload. *Ergonomics 41* (9) (tema especial).
- Decreto Supremo 594. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 15 de septiembre de 1999.
- Hart, S. G., Y Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Advances*

in psychology, 52. *Human mental workload* (pp. 139-183). Oxford, England: North-Holland.

Hignett, S. y Mcatamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment: REBA. *Applied Ergonomics* 31 (2): 201-5. DOI: 10.1016/S0003-6870(99)00039-3

Ministerio de Salud. Gobierno de Chile (2013). *Protocolo sobre normas mínimas para el desarrollo de programas de vigilancia de la pérdida auditiva por exposición a ruido en los lugares de trabajo (PREXOR), norma técnica 156*. Recuperado de: https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2015/11/Prortocolo_de_Exposicion_Ocupacional_Ruido-v2013.pdf

Subsecretaria de Previsión Social. Ministerio del Trabajo y Previsión Social. Gobierno de Chile (2008). *Guía técnica para la evaluación y control de los riesgos asociados al manejo o manipulación manual de carga*. Recuperado de: <https://www.previsionsocial.gob.cl/sps/guia-tecnica-la-evaluacion-control-riesgos-asociados-al-manejo-manipulacion-manual-carga/>

Wilson, J. y Corlett, E. (1992). *Evaluation of the human work: A practical ergonomics methodology*. London, England: Taylor & Francis.