

N° Comité de Estudio: 11

N° IV SESEP: CE 11.09e

## “Análisis Ergonómico de los Trabajos realizados en las Centrales Evaporativas de Resfriamiento del Sistema de Ventilación de la Usina Hidroeléctrica de Itaipu”.

José W. Bóveda Villasboa  
Itaipú Binacional

Carlos A. Vergara Baez  
Itaipú Binacional

Vicente F. Ortellado Casco  
Itaipú Binacional

José W. Bóveda Villasboa  
Tel. 061-5993092- { [HYPERLINK mailto:boveda@itaipu.gov.py](mailto:boveda@itaipu.gov.py) }

### Resumen

Este trabajo tiene por objetivo realizar un análisis desde el punto de vista Ergonómico de actividades realizadas en las Centrales Evaporativas de Resfriamiento (CER) del Sistema de Ventilación de la Casa de Máquinas de la Central Hidroeléctrica de Itaipu.

Introducir nociones que hagan posible relacionar actividades que ocasionen problemas Sico-Fisiológicos debido a la realización de esfuerzos repetitivos, la manera de analizarlos para una mejor comprensión del problema y como confrontarlo, para ese efecto fue tomado como ejemplo los trabajos en las referidas Centrales.

Los conceptos abordados se refieren al análisis de una situación real, la cual fue analizada de forma objetiva y propuesto soluciones para un mejor desenvolvimiento del trabajo con el consecuente beneficio para el trabajador y la empresa.

Palabras claves: Análisis ergonómico del trabajo – Lesiones por Esfuerzos Repetitivos (LER) – Esfuerzos Físicos y Cognitivos – Antropometría – Sintética Inexacta.

### Conceptos Ergonómicos

Los estudios ERGONOMICOS visan establecer parámetros que permitan la adaptación de las condiciones de trabajo a las características Sico-fisiológicas y antropométricas de los trabajadores, de modo a proporcionar un máximo de confort, seguridad y desempeño eficiente de los trabajos realizados  
“La ERGONOMIA también es definida como “el conjunto de los conocimientos científicos relativos al hombre y necesarios para la concepción de

*herramientas, máquinas y dispositivos, así como el proyecto del trabajo, que puedan ser utilizados con el máximo de confort, seguridad y eficacia” (Wisner, 1972)*

La Ergonomía se sitúa en un campo fronterizo entre las ciencias humanas, biológicas y las ciencias exactas, produce sus propios resultados sobre las condiciones de desempeño del hombre en sus actividades de trabajo y encara la concepción de los medios de trabajo considerando las características fisiológicas y Sicológicas del hombre en actividad.

Los principales síntomas para establecer un diagnostico en ergonomía entre otros son; problemas de salud, problemas de clima organizacional, errores humanos, incidentes críticos, accidentes de trabajo, defectos en el sistema, defectos en la producción, baja productividad, otros.

La Demanda es el punto de partida de toda análisis Ergonómica del Trabajo. Ella permite entender los problemas, para así poder elaborar un plan de acción de intervención.

### 1 – Introducción

Las Centrales Evaporativas de Resfriamiento tienen por finalidad, limpiar y enfriar el aire captado del ambiente exterior para su posterior insuflamiento

en las galerías inferiores de la Casa de Máquinas, fueron proyectadas en número de 20 y están localizadas al pie de la Presa Principal.

El aire que será enfriado entra a las Centrales por túneles, que atraviesan los llamados de *árbol de pulverización del lavador de aire*, que tiene por finalidad quitar todas las impurezas (sólidos en suspensión) por medio de aspersión de agua. Posteriormente, el aire atraviesa, en corriente cruzada, los *intercambiadores de calor* en un nuevo contacto con el agua resfriando así a la temperatura de proyecto.

La corriente de aire resfriada, saliendo de los intercambiadores de calor, pasa por los *eliminadores de gotas*, dejando el aire isento de gotículas de agua. En la parte posterior del eliminador de gotas se encuentran cuatro ventiladores, que al mismo tiempo de extraer aire por túneles forzando su pasaje por la CER, insufla aire a presión adecuada, en las galerías inferiores de la Casa de Máquinas.

El sistema de circulación de agua de las Centrales es vulnerable a ataques externos, razón por la cual se hace necesario un tratamiento del agua para evitar la formación de algas y hongos que provocan corrosión de los equipos metálicos.

Los productos químicos utilizados en el circuito son: Inhibidores de corrosión, biocidas oxidante, antioxidante y dispersante. La mezcla del preparado químico con el agua de circulación se realiza en una pileta ubicada en la parte inferior del árbol de pulverización. El preparado se realiza en forma manual, en tanques metálicos, y posteriormente la solución es inyectada por gravedad, y en forma dosificada en la pileta del árbol de pulverización.

## **2 - Análisis de la Demanda – 1ra Etapa** **Definición del Problema**

### **2.1 Origen de la Demanda**

La CER, es un sistema ya implantado y en funcionamiento, y preocupa los riesgos que se presentan en los trabajadores durante el manejo de los productos químicos, la optimización de la cantidad utilizada y la calidad de cada dosaje.

### **2.2 Formulación de la Demanda**

Observaciones realizadas durante la realización de las tareas en las CER, se pudo sentir las dificultades que se presentan en el puesto de trabajo, principalmente durante el manejo de los productos químicos, la imprecisión del dosaje y las condiciones ambientales desfavorables.

### **2.3 Objeto de la Demanda**

Encontrar alternativas válidas que permitan la realización del proceso de dosaje en forma eficiente, con mínima exposición del trabajador a los productos químicos y máximo confort.

### **2.4 Delimitación de la Demanda**

*El tiempo y el costo*, que serán necesarios para realizar la corrección de la demanda, dependerán de los recursos utilizados para la solución del problema.

### **2.5 Fuentes y Medios de Información sobre la Demanda**

Fueron realizadas consultas y reuniones con los diversos Actores Sociales de la Empresa, Gerentes de División y Jefe de Sector, quienes manifestaron que existe cierta preocupación por el gran volumen de trabajo que se debe realizar. Ante la necesidad de lograr una mayor aclaración de la demanda, fue necesaria una visita al local de trabajo, para tal efecto se tuvo que explicar a los diversos Actores Sociales sobre la necesidad y la importancia de su colaboración, para la correcta identificación del problema. Así, se pudo constatar cuanto sigue:

a) La preparación de productos químicos se realiza para 20 Centrales, donde cada Central cuenta con dos tanques, 40 tanques de productos químicos son necesarios para mantener 24 horas funcionando adecuadamente todas las CER, lo que exige una dedicación exclusiva a esa tarea.

b) La dosificación del producto químico, que es inyectado de los tanques a la pileta del árbol de pulverización se realiza por gravedad, utilizando una válvula tipo esclusa de material plástico. Con la variación del nivel del producto en los tanques, la regulación inicial se pierde habiendo necesidad de ajustes continuos.

c) El lugar de trabajo donde se realiza el manejo de los productos químicos presenta escasa iluminación artificial. Además de no contar con iluminación natural.

d) El piso se encuentra normalmente mojado, debido principalmente a pérdidas en las bombas de agua, lo que dificulta el traslado de equipos y acarrea riesgos a la integridad física del personal.

e) Debido a la alta humedad relativa del aire el ambiente se vuelve desconfortable y el personal está expuesto a enfermedades de las vías respiratorias.

f) La posición es poco segura y desconfortable para el preparado de productos químicos, la persona

queda de pie sobre una tubería de 100 mm exigiendo del mismo mayores esfuerzos.

### **3- Análisis de la Tarea - 2da Etapa** **Análisis de las condiciones de trabajo**

#### **3.1 Delimitación del sistema Hombre-tarea**

**a) El sistema Hombre-tarea seleccionado** comprende el tanque para el preparado de productos químicos y el dosador de productos químicos, cuya función es inyectar a la pileta dosis adecuada de solución de productos químicos, para evitar la presencia de hongos y bacteria que provocan oxidación de los equipos metálicos. El sub sistema considerado es el lavador de aire, la pileta de agua, el intercambiador de calor, el sistema de bombeo y el conjunto moto ventilador.

**b) El perfil del sistema Hombre-máquina** a considerar en el análisis de la tarea, está conformado por el hombre, los productos químicos a ser utilizados, los dos tanques metálicos donde se adicionan los productos químicos, el regulador de goteo.

#### **c) Las funciones del hombre son:**

Preparar la dosis de productos químicos en los 2 tanques metálicos.

Regular el goteo de la solución de productos químicos inyectados a la pileta del árbol de pulverización y realizar análisis químicos periódicos del agua de circulación.

#### **Las funciones de las máquinas son:**

EL almacenamiento en los tanques metálicos de productos químicos que deben inyectarse durante las 24 horas a la pileta de la CER.

Garantizar la inyección de la cantidad adecuada durante las 24 horas, a través de la válvula ubicada en la parte inferior del tanque de productos químicos.

**d) Las Normas y Procedimientos**, que son seguidas por el personal están establecidas en las Planilla de Inspección y Control y en las Planillas de Operación y Mantenimiento para las CER.

#### **3.2 Funciones básicas del Sistema Hombre-tarea.**

Su función básica es la de proveer aire limpio a las galerías inferiores de la Casa de máquinas, calificado de mucha importancia debido a que como resultado de este proceso se garantiza a los equipos ubicados en las galerías de la Usina, un aire libre de impurezas a una temperatura adecuada para el buen funcionamiento de los equipos y el bienestar de las personas.

#### **3.3- Descripción del Sistema Hombre-Tarea.**

**a) Hombre:** No fue necesario el levantamiento de una Curva Sintética Inexacta, debido al reducido número de personal dedicada a esa tarea si bien que con el levantamiento de datos realizado, se obtuvieron las principales características antropométricas del personal que ejecuta esta actividad, así como de los controles de la eficiencia del proceso.

**b) Máquina:** A pesar de que la máquina a ser considerada no posee complejidad alguna, debido a la estática de la misma se considera para este caso como siendo el sistema de tanques , árbol de pulverización, pileta del lavador de aire, bombas de circulación, moto ventiladores, etc.

**c) Organización del trabajo:** Con relación a la Organización general de la empresa, se pudo verificar la ubicación del sector responsable por la tarea que es objeto de este análisis. El estilo de jefatura es de delegación de tarea y el control se realiza a través de los índices relacionado con la eficiencia del sistema considerado, referente a la calidad del agua de circulación.

**d) Medio ambiente:** El ambiente sonoro y de vibraciones es común en todas las galerías adyacentes, no existen mediciones al respecto, para afirmar la existencia o no de riesgos para la Salud. Otro aspecto a tener en cuenta es que el trabajo no se realiza entre dos personas, por lo tanto la comunicación verbal no se ve afectada. La humedad relativa del aire es elevada, arriba del 80%, razón por la cual la sensación térmica es baja. La luz solar para iluminación es nula, por tratarse de un ambiente confinado, por lo cual se hace necesario la utilización de luz artificial, que también es inadecuada. El ambiente no es tóxico y la calidad del aire es buena.

**e) Informaciones:** Las informaciones relativas al sistema en general están relacionadas con los resultados de los análisis químicos realizados, que representan las informaciones fundamentales para el personal y el gerente, si la tarea se está ejecutando de acuerdo con valores físico-químicos esperados.

**f) Entradas:** Los insumos necesarios para el proceso del sistema hombre-tarea seleccionado son: la formulación del preparado químico, materia prima y/o productos químicos que serán los responsables del tratamiento de agua.

**g) Salidas:** Para garantizar el producto del sistema, se realizan análisis químicos semanalmente en el

laboratorio de Itaipu, del agua de resfriamiento que ha recibido el dosaje de productos químicos, con la finalidad de controlar si los niveles de dosificación están siendo adecuados. Además son depositados cupones de prueba para verificar a cada 45 días el grado de ataque físico-químico a que esta expuesta la instalación.

### 3.4-Descripción Dinámica del Sistema Hombre-Tarea

El trabajo está pre establecido de acuerdo a una secuencia determinada por un cronograma de actividades, que es adaptable de acuerdo a los resultados de los análisis químicos realizados. Diariamente, se debe reponer los productos químicos necesarios en el primer tanque(100 litros de capacidad) de fosfato carboxílico/zinc – W-33, dosaje de 640 g/día/unidad y en el segundo tanque (100 litros de capacidad) de dispersante tensoactivo U-12, dosaje 1500g/día.

### 3.5-Evaluación de las exigencias del trabajo

#### a) Exigencia Ambiental:

La humedad relativa del aire es elevada, lo que hace que en determinadas circunstancias, debido a la rutina de trabajo, haya necesidad de entrar y salir del área donde el aire es más seco, dicha diferencia, representa para el trabajador un factor que los expone a estados gripales con mayor frecuencia. El agua en el piso de algunas Centrales representa una exigencia adicional para el trabajador, que debe ser considerado.

También la iluminación es débil que puede influenciar en accidentes de trabajo y dificultar el preparado de la solución química.

#### b) Exigencias Fisiológicas.

**Estática:** Se observa exigencias de la musculatura de los miembros superiores e inferiores, en el momento de colocar los productos químicos en los tanques. La planta de los pies también reciben un esfuerzo adicional porque deben pararse sobre una tubería. Eventualmente, puede haber torsión de la espalda, que puede llegar a ocasionar problemas lumbares al trabajador.

**Dinámica:** Diariamente los trabajadores deben caminar grandes distancias, debido a que la casa de máquinas tiene una extensión aproximada de 1km, y deben transportar los productos químicos que serán utilizados distribuyendo la cantidad necesaria para cada CER.

#### c) Exigencias Sensoriales y motora:

No existe en el proceso del sistema seleccionado, señalizaciones sonoras o visuales que requieran una atención adicional, para su evaluación, durante la ejecución de la tarea. Si bien los órganos sensoriales, los ojos y el oído son los que sufren mayores exigencias por las características del ambiente que rodea al sistema, poca iluminación y ruidos.

#### d) Exigencias mentales:

Las tareas no requieren exigencias mentales elevadas. Las son simples y no necesitan de evaluación que deban realizar de la misma como así de la necesidad de diagnóstico. Desde el punto de vista cognitivo no se individualizo ninguna exigencia mayor.

## 4 - Análisis de las Actividades –

### 3ra Etapa

En esta etapa se busca identificar y analizar el comportamiento real adoptado por el personal, en función de los medios disponibles para alcanzar los objetivos de este trabajo.

En la observación realizada se notó como el personal hace realmente su trabajo.

Se observó las actividades desarrolladas en la situación de trabajo, teniendo en cuenta los objetivos del Análisis Ergonómico (problema que se quiere resolver), con la ayuda de los siguientes criterios: Gestos, informaciones, regulaciones y procesos cognitivos.

A través de este método se pudo identificar las causas de los problemas ya evidenciados en el análisis de la demanda.

Es importante destacar que a pesar de haberse explicado el motivo de la presencia en la situación de trabajo, no fue fácil realizar un acompañamiento integral de toda la secuencia de tareas que el mismo ejecuta diariamente debido que en la presencia de terceros los mismos esconden ciertas actitudes de rutina, lo ideal es acompañar sin ser notado y durante un tiempo adecuado.

## 5 - Diagnóstico y Recomendaciones

### 4ta y 5ta Etapa

De acuerdo al análisis ergonómico realizado, se visualiza algunas transformaciones necesarias para la optimización del proceso productivo, así como para mejorar la seguridad y el confort del personal que ejecutan las tareas.

Realizando una recopilación de los datos disponibles en el análisis precedente, obtuvimos el siguiente diagnóstico, que generaría un cuaderno de

recomendaciones para el presente caso, dichas recomendaciones están incluidas en cada ítem siguiente:

a) Con el *dispositivo dosador* que se dispone es imposible realizar una regulación precisa durante las 24 hs, En la observación realizada, se pudo constatar que la solución de productos químicos acaban en pocas horas. Al inicio del proceso tiene una regulación, y en la medida que transcurre el tiempo la regulación se pierde.

**La solución más conveniente es la utilización de bombas dosadoras automáticas, hoy disponibles en el mercado y cuyos costos son muy accesibles.**

b) El local no ofrece condiciones ergonómicas adecuadas para la realización de las tareas de manera confortable. **Se debe a que la concepción del proyecto tuvo, prioritariamente en cuenta, criterios técnicos-económicos y no ergonómicos. Se trata de proyectos donde el hombre debe adaptarse a la Máquina**

La actualización tecnológica de las instalaciones de la CER, puede minimizar la intervención del hombre en el local, limitándose su actividad solamente al preparado de productos químicos, el control del proceso, y la verificación de la Calidad del Agua.

c) Con relación a la deficiencia en la iluminación del ambiente de trabajo se observó que la causa se debe a la escasa y mala disposición de las luminarias; agravado por su condición de ser un lugar de poca circulación de personas externas al sistema en cuestión.

**Se considera que con una mejor distribución de las luminarias y aumentando intensidad de iluminación el problema se atenúe considerablemente.**

d) El problema asociado al piso mojado tiene como causa fundamental *la perdida de agua* por las bombas de circulación.

**La situación planteada podría ser mejorada con una adecuación de las prioridades en los programas de mantenimiento de las bombas, así como con la obtención de accesorios de mayor durabilidad y eficiencia.**

e) Referente al problema de transporte de materia prima, necesarios para la ejecución de los trabajos, es debido a que las mismas se encuentran *almacenadas en lugares distantes*, exigiendo del personal un esfuerzo dinámico mayor.

**Se propone que el local de almacenamiento de los productos químicos este localizado en un local equidistante, en las galerías donde están instaladas las Centrales Evaporativas.**

f) La *altura inadecuada de los tanques* para las condiciones antropométricas de los técnicos que trabajan actualmente, exigen de los mismos que se suban sobre las tuberías, exponiendo su integridad física, además de realizar un esfuerzo mayor.

**La solución propuesta en el ítem a) dispensará la realización de este trabajo.**

g) El problema asociado a la rutina de actividades diarias que ejecuta el personal, puede traer aparejado un estancamiento cognitivo, lo que podría comprometer el resultado esperado.

**Se propone establecer una estrategia relacionada con la organización, con el objetivo de promover un proceso de rotación permanente del personal, en otras tareas afines, de manera a mantenerlos siempre motivados a través del desafío que representa realizar nuevas actividades.**

## **CONCLUSIONES**

El Diagnostico en Ergonomía evidencia los síntomas que caracterizan las Patologías Ergonómicas de la situación de Trabajo, se apoya directamente en las hipótesis levantadas, tiene una visión holística de la participación del hombre en el Trabajo.

El Diagnostico del Puesto de Trabajo correlaciona las condiciones ambientales y técnico-organizativo con las determinantes manifestadas por el Trabajador, aplicando el principio de la globalidad.

El Diagnostico a nivel general de la situación de trabajo como un todo visa siempre una transformación y no apenas describir una situación, con el consecuente apareamiento de nuevas condicionantes.

El objetivo de toda intervención Ergonómica es portanto la transformación de la situación de trabajo analizada, las recomendaciones sobre la situación futura, tanto en términos ambientales como organizacionales.

El análisis Ergonómico del Trabajo es una herramienta capaz de permitir una gestión participativa, contando con la interacción del personal de nivel gerencial con operarios, antes de tomar una decisión, evitando así las grandes diferencias entre el trabajo prescrito y el trabajo real, visando siempre la confiabilidad, calidad y productividad.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] Programa de Pos Graduación en Ingeniería de Producción - Apuntes sobre Engenharia Ergonomica do Trabalho- Agosto 2000  
Prof. Leila Amaral Gontijo