

## **RESUMEN EJECUTIVO**

### **TITULO DE TESIS: ESTUDIO DE NIVELES DE RUIDO DE LA CASA DE MAQUINAS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE, Y DISEÑO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN.**

#### **INTRODUCCIÓN**

HIDROPAUTE es una empresa de capital mixto que se dedica a la generación de energía hidroeléctrica en la región sur oriental del Ecuador. Opera la Central Paute, que en el lugar denominado Guarumales tiene una capacidad de generación de 1.000 MVA constituyéndose en la central de mayor potencia del país, con una casa de máquinas subterránea con 10 unidades y una tubería de presión de más de 6 Km. entre la represa Amaluza y la casa de máquinas. Casa de Máquinas está dentro de una galería subterránea excavada, está constituida por 10 unidades de generación, que han sido instaladas en dos etapas de construcción denominadas Fase AB y Fase C. La Fase AB comprende 5 unidades de generación de 100 MW cada una, y la Fase C comprende 5 unidades de generación de 115 MW cada una. En conjunto se dispone de una potencia instalada de 1075 MW.

El trabajo en Casa de Máquinas se realiza en diferentes turnos, en los que en promedio el personal de operación labora 8 horas diarias y el de mantenimiento 9 horas; en situaciones especiales como mantenimientos correctivos laboran períodos de tiempo mayores a los indicados. De acuerdo a estas condiciones, los trabajadores están expuestos a riesgos que a futuro podrían derivar en lesiones auditivas y psicológicas. En cuanto al estado actual con respecto a la protección acústica, los trabajadores de casa de máquinas utilizan adecuadamente las medidas de mitigación que eviten daños a su salud como son orejeras, tapones, cascos, zapatos antideslizantes, guantes, etc.

El sistema de regulación (nivel 1327) es uno de los diferentes sistemas que componen una unidad, consiste de una cuba de aceite y una de aire. Su función es regular la apertura y cierre de los inyectores a una presión de  $28 \text{ kg/cm}^2$ , el sonido que emite es producido por dos bombas que son las encargadas de elevar el aceite de la cuba a esa presión. Esta máquina está conectada o complementada con el servomotor que regula la posición de los inyectores y por ende el paso de agua al rodete, también a la válvula esférica por medio de otro servomotor que permite la apertura y paso de agua que viene desde la Presa. Este sistema es el que más contamina el ambiente, justamente porque está abierto, no como en el caso del generador o el acople turbina-generador.

El ruido ocupacional está siendo reconocido como un serio problema potencial de salud. El aumento progresivo de los niveles de mecanización en los diferentes puestos de trabajo y el incremento de los ritmos de producción, así como la incorporación de nuevas tecnologías en algunas aplicaciones en las que antes el trabajo era sustancialmente manual, son responsables de que muchas actividades se desarrollen en un ambiente con cada vez mayor contaminación, en este caso por ruido. Al igual que todos los contaminantes, el ruido, reduce la calidad de vida. El presente estudio tiene como objetivo general disminuir la afectación en el ser humano, de las consecuencias de la contaminación del ruido producidas por el funcionamiento de las unidades de generación de Casa de Máquinas de la Central Hidroeléctrica Paute.

Este objetivo se quiere lograr estableciendo los niveles actuales de contaminación de ruido mediante monitoreo. También se determinará la influencia de la cantidad de generación, la temperatura ambiental, y humedad ambiental de Casa de Máquinas en los niveles de contaminación de ruido, realizando análisis estadísticos y estableciendo correlaciones. Con los datos obtenidos se definirán los niveles máximos de ruido, comparándolos con normas aplicables, en este caso se usó el TULAS (Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria). Estos datos ayudarán a conocer el problema que presenta Casa de Máquinas con respecto al ruido, y en base a ellos se procederá a diseñar un sistema de absorción y aislamiento del ruido, proporcionando alternativas y sus respectivos costos.

Para desarrollar el presente trabajo se han realizado las siguientes actividades:

- Realización de una encuesta a los trabajadores de casa de máquinas para recopilar información acerca de la influencia del ruido.
- Medición de 6 monitoreos mensuales de nivel de ruido en 11 puntos asignados dentro de Casa de Máquinas, tomados con una frecuencia de 125, 500, 1000, 2000 Hz.
- Recopilación de exámenes de audiometría del Departamento de Salud de la Empresa ECUAELECTRICIDAD, tanto a trabajadores que operan en Casa de Máquinas como al área administrativa. Los datos obtenidos comprenden los años 2001-2005.
- Diseño de una Cabina Acústica para el cubrir el Sistema de Regulación.

## **RESULTADOS DE LA ENCUESTA**

En el mes de enero del 2005, se realizó una encuesta a los trabajadores que están expuestos al ruido en Casa de Máquinas, divididos según sus respectivas áreas de trabajo, que son el área de MANTENIMIENTO, (que corresponde la parte Mecánica, Eléctrica, Electrónica y Civil), el área de OPERACIÓN y el área de SERVICIO. La encuesta estuvo orientada a recabar de los trabajadores información sobre:

- El tiempo de exposición al ruido a que un operador está sometido diariamente.
- Como las personas consideran su área de trabajo en función al ruido.
- Posible afectación a la salud como consecuencia del ruido de Casa de Máquinas.
- Medidas de protección utilizadas.
- Percepción sobre el ruido de las máquinas.
- Sugerencias de mitigación para disminuir la contaminación acústica.

## **RESULTADOS DEL MONITOREO DE RUIDO**

Los niveles altos de ruido de ciertos equipos, hacen que el ruido sea constante y continuo en todo el sector, contaminando el ambiente de trabajo y poniendo en riesgo la salud de los trabajadores. El nivel de presión sonora depende del número de unidades generadores que se encuentran funcionando, la cual es a su vez función de la carga requerida en ese momento. Los monitoreos parciales de las 10 unidades correspondientes a los meses de Enero a Junio del 2005.

## MÉTODO DE HANSEN

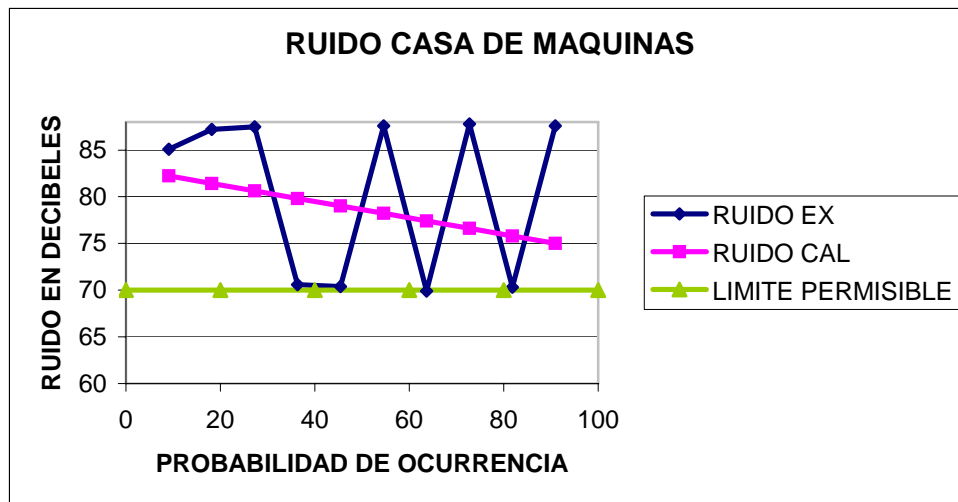
Utilizando el Método de Hansen, se procedió a encontrar la probabilidad de ocurrencia para cada una de las 10 unidades de Casa de Máquinas, obteniendo los siguientes resultados:

### Probabilidad de ocurrencia de cada unidad de casa de maquinas

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA						
Nº	PUNTOS	UNIDADES	10	25	50	90
1	UNIDAD 1	dB	85.8	85.5	85.1	84.3
2	UNIDAD 2	dB	88.0	87.7	87.2	86.3
3	UNIDAD 3	dB	88.0	87.8	87.5	86.9
4	UNIDAD 4	dB	89.7	89.1	88.1	86.5
5	UNIDAD 5	dB	89.2	88.7	88.0	86.7
6	UNIDAD 6	dB	88.1	87.9	87.6	87.1
7	UNIDAD 7	dB	88.0	87.8	87.4	86.9
8	UNIDAD 8	dB	89.2	88.7	87.7	86.3
9	UNIDAD 9	dB	89.6	88.9	87.8	86.1
10	UNIDAD 10	dB	87.7	87.7	87.7	87.6

A continuación se presenta en forma gráfica los resultados del tratamiento estadístico de Hansen, realizado a cada unidad. El Gráfico 4.4, indica el resultado de la probabilidad de ocurrencia de Casa de Máquinas, cuyos datos se demuestra en la Tabla anterior.

### Resultados de la probabilidad de ocurrencia de cada unidad



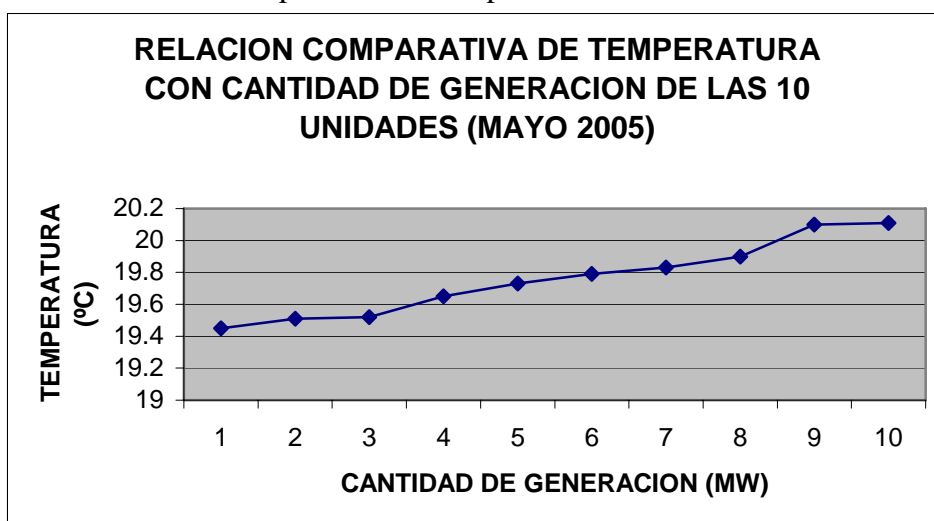
## RESULTADOS DE MONITOREO DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y CANTIDAD DE GENERACIÓN

Para obtener resultados que indiquen una relación directamente proporcional entre los dos parámetros mencionados, se tomaron los valores promedio de temperatura de cada Unidad de Generación y se compararon con los valores promedio de Cantidad de Generación correspondientes al mes de Mayo del 2005; se procedió a escoger este mes por cuanto se encuentran en funcionamiento las 10 Unidades. A continuación se detallan los resultados:

UNIDAD DE GENERACION	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
TEMPERATURA (°C)	20.11	19.83	19.52	19.65	19.73	19.45	20.10	19.90	19.51	19.79
CANTIDAD DE GENERACIÓN (MW)	99.60	99.50	98.80	98.40	98.00	97.20	97.20	97.10	96.90	96.20

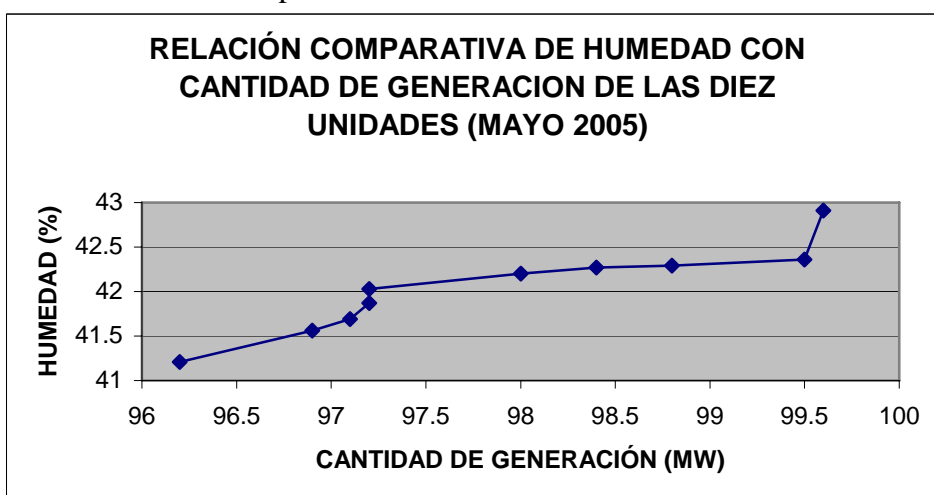
UNIDAD DE GENERACION	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
HUMEDAD (%)	42.20	42.90	41.80	41.20	42.20	41.50	42.30	42.30	41.70	42.00
CANTIDAD DE GENERACIÓN (MW)	99.60	99.50	98.80	98.40	98.00	97.20	97.20	97.10	96.90	96.20

**Gráfico 4.15.** Relación Comparativa de Temperatura con Cantidad de Generación



Este gráfico indica la relación que existe entre la Cantidad de Generación y la Temperatura, demostrando una relación directamente proporcional.

**Gráfico 4.16.** Relación Comparativa de Humedad con Cantidad de Generación



Este gráfico indica la relación directamente proporcional que existe entre la Cantidad de Generación y la Humedad. No existe ninguna relación entre la Temperatura y la Humedad debido a que son parámetros independientes.

## RESULTADOS DE AUDIOMETRÍA

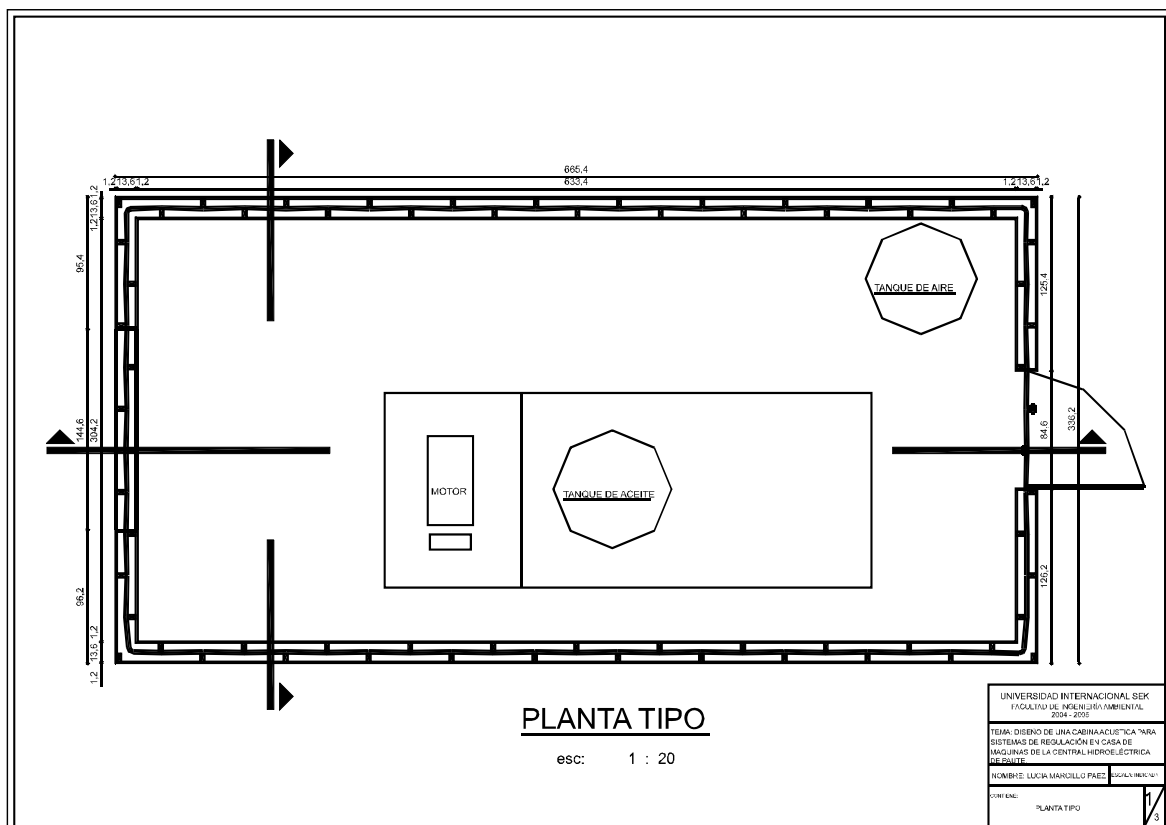
Los resultados de los exámenes audiométricos de las personas que no están en contacto con el ruido que emiten los equipos de Casa de Máquinas, indican que se encuentran dentro del límite normal, el mismo que está comprendido entre los rangos -10 dB(A) hasta 20 dB(A).

A excepción de la persona número 2, cuyo puesto actual de trabajo es en el área de Hidráulica, su trabajo anterior lo exponía varias horas al ruido de Casa de Máquinas, es por esto que presenta un trauma acústico avanzado tanto en el oído derecho como en el izquierdo.

Pocas personas de las que están expuestas al ruido, presentan un trauma acústico inicial, y avanzado comprendido entre el rango de 20 dB(A) hasta 50 dB(A) e hipoacusia leve que va desde los 50 dB(A) hasta los 100 dB(A). Sin embargo la mayoría de trabajadores de Casa de Máquinas están dentro del límite normal, lo que podemos decir que toman las medidas de protección correspondientes a su área de trabajo.

## DISEÑO DE LA CABINA

Diseño de la Cabina Acústica para Sistemas de Regulación en casa de máquinas, de la Central Hidroeléctrica de Paute.



## CONCLUSIONES

- De los monitoreos que se han ido realizando desde el mes de Enero del 2005 hasta Junio del 2005, se estableció que los niveles de ruido en casa de máquinas sobrepasan los límites permisibles, produciendo una alta contaminación acústica dentro del ambiente de trabajo.
- Los resultados permiten establecer que es necesario utilizar equipos de protección auricular, debido a que ciertas máquinas sobrepasan los límites permisibles.
- Los datos obtenidos en el monitoreo de ruido, se relacionaron con parámetros de temperatura, humedad y unidad de generación, habiéndose determinado que mientras sea el número de unidades de generación en funcionamiento, la temperatura aumenta. Al tratar de comparar estos valores con los de Humedad, se estableció que no existe una relación clara, debido a que esta medida es independiente de la temperatura o de la presión (concepto Humedad Relativa). Se pudo observar una relación con la Cantidad de Generación, mientras esta aumenta, también lo hace la Humedad.
- Para el diseño de la cabina acústica, fue necesario investigar el entorno de la máquina a ser recubierta, debido a que existen materiales absorbentes acústicos que en combinación con otros podrían ocasionar daños externos, como corto circuitos, incendios, corrosión, etc.
- Con el diseño de la cabina propuesta en la presente tesis, se espera además de disminuir los decibeles contemplados, evitar daños en su salud a los trabajadores expuestos al ruido producidos por la contaminación acústica.

## RECOMENDACIONES

- Antes de utilizar algún tipo de equipo de protección es preferible disminuir los efectos que presenta el ruido, especialmente en lugares donde los operadores permanecen de 8 a 9 horas diarias.
- Se recomienda verificar las instalaciones; realizar una revisión total de las puertas, especialmente en las áreas de Acople Turbina- Generador, de tal manera de hermetizarlas, cambiar el vidrio por uno de mayor espesor por razones técnicas y revisar las filtraciones existentes de ruido.
- Utilizar el equipo de protección auricular, obligatoriamente en las áreas que presentan mayor nocividad como por ejemplo Sistema de Regulación, Recinto del Generador, Centro de Carga, Acople Turbina- Generador.
- Los estudios de audiometría que se realizan anualmente, hacerlos semestralmente, para llevar un mejor seguimiento a los trabajadores, especialmente los que están expuestos más de 5 horas diarias en Casa de Máquinas.