



## ANÁLISIS DE CAUSAS PROFUNDAS Y PROPUESTAS DE MEJORAS ESTRATEGICAS ANTE UN SUCESO CRÍTICO EN UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA: APORTES DE LA ERGONOMÍA COGNITIVA

ROOT CAUSE ANALYSIS AND STRATEGIC IMPROVEMENT PROPOSALS FOR A CRITICAL INCIDENT IN A HYDROELECTRIC POWER PLANT: CONTRIBUTIONS OF COGNITIVE ERGONOMICS

**Nicolás Santiago Palma\***

**Resumen:** La manifestación de un suceso crítico en el contexto de una inusual sucesión de fallas pone en alerta al gerente de un Complejo Hidroeléctrico ubicado en la provincia de Neuquén, Patagonia argentina, cuyo funcionamiento armónico es vital para la economía regional, el medioambiente y las comunidades aledañas del Alto Valle. Para revelar las causas del suceso y sus patrones de vinculación, se realizó una intervención ergonómica. A través de un método ordenado de investigación y la participación de toda la organización, se exploraron de forma sistémica —lejos en tiempo y espacio de la aparición de la falla— las disfunciones organizacionales que generaron las condiciones necesarias para la ocurrencia de estos sucesos. Este recorrido, además de dar respuesta a los objetivos del estudio, permite identificar las vulnerabilidades cognitivas presentes en los procesos de interacción con sistemas sociotécnicos complejos.

**Palabras clave:** Falla, disfunciones, relaciones informativas.

**Abstract:** The occurrence of a critical incident within the context of an unusual sequence of failures alerted the manager of a Hydroelectric Complex located in the province of Neuquén, Argentine Patagonia, whose reliable operation is essential to the regional economy, the environment, and the surrounding communities of the Alto Valle. To identify the causes of the incident and their patterns of interrelation, an ergonomic intervention was conducted. Through a structured research method and the participation of the entire organization, the organizational dysfunctions that created the conditions necessary for the occurrence of these incidents were systematically explored, extending far beyond the immediate time and location of the failure. In addition to addressing the objectives of the study, this process made it possible to identify cognitive vulnerabilities involved in interactions with complex sociotechnical systems.

**Keywords:** failure, dysfunctions, informational relations.

Recepción: 28.05.2026 / Revisión: 11.06.2026/ Aceptación: 11.08.2026

---

\* Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: [info@sceu.frba.utn.edu.ar](mailto:info@sceu.frba.utn.edu.ar). Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-5468-187X>

## Introducción

En 1980 se pusieron en funcionamiento, en la Patagonia Argentina, los dos generadores de la Central Hidroeléctrica Planicie Banderita, que, con una potencia instalada de 479 MW, podían duplicar las necesidades de consumo de toda el área metropolitana de la Provincia de Neuquén y sus alrededores. Para ese entonces, Hidronor S.A, su creadora, era una de las más pujantes y prestigiosas sociedades del Estado Nacional, por lo tanto, sus empleados gozaban transitivamente de esa distinción junto a la posibilidad de hacer carrera dentro de la empresa. Estas condiciones hicieron que el plantel de operaciones y mantenimiento se mantuviera sostenidamente estable durante los siguientes 35 años.

Es así, que todo aquello que las organizaciones buscan en términos de confiabilidad y control de riesgos a través de la construcción de su cultura en seguridad eficaz, estaba expresado en atributos consecuentes del contexto de estabilidad y excelencia: altos niveles de competencia personal que garantizaban una conciencia compartida de los riesgos más importantes, y una disciplina equilibrada entre lo reglado y lo gestionado. Para ese entonces, romper esta armonía parecía algo poco menos que improbable.

Luego de 13 años de operación, en el contexto de una reforma constitucional argentina y mediante un contrato de concesión por treinta años, los activos fueron transferidos a una empresa privada de origen norteamericano. En términos culturales, este proceso suponía un avance debido a las fortalezas asociadas a los programas novedosos y ágiles implementados por este tipo de compañías.

Luego de pasar por nuevas concesiones que continuaron robusteciendo este proceso, en 2015 el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de la Nación Argentina reconoció el encuadramiento del personal de la empresa concesionada dentro de las disposiciones del Decreto 937/1974. A partir de ello, los trabajadores podían acceder a la jubilación ordinaria a los 55 años, con 30 años de servicios diferenciales, según lo establecido para el personal ocupado en tareas riesgosas inherentes a la prestación de servicios eléctricos (Poder Ejecutivo Nacional, 1974).

Dado que casi la totalidad de los operadores del Complejo aún seguía siendo la misma que en sus inicios, se pone en marcha abruptamente un proceso de recambio generacional que incluye el 90% del personal de operaciones y mantenimiento. Teniendo en cuenta que un operador promedio requiere de entre 7 y 9 meses para lograr su certificación, se gestaba en ese momento una condición precursora con la capacidad de despertar y catalizar la aparición de otras debilidades escondidas profundamente en la organización.

La principal hipótesis en ese entonces era que las consecuencias de tales circunstancias podrían multiplicar las probabilidades de fallos humanos en diferentes escenarios de riesgo a causa del encogimiento general de los niveles de experticia, la calidad de las competencias duras y blandas y el recambio de perfil generacional: el ingreso de personal de relevo suponía un staff con una media de edad de menos de la mitad que la saliente, es decir, además, una nueva forma de procesar.

Este Complejo, un sistema único en su tipo, además de generar energía eléctrica, antepone en sus objetivos de funcionamiento otros dos de crítica y vital importancia para el habitante del Alto Valle de la región: el aseguramiento del uso de agua para riego de la actividad frutihortícola de la región y consumo humano, y el control de crecidas del impredecible e intempestivo río Neuquén.

Propio de las características de su construcción, su disponibilidad de despacho - es decir que sus generadores puedan producir energía - condiciona su propósito de ser y deja todo el resto casi en una deriva. Esto, sumado a las tarifas atrasadas de pago por energía del mercado mayorista local, ofrece el marco para establecer que: operar y mantener el complejo sea algo crítico, y que requiere por lo menos, ser eficiente y confiable. Hacerlo con personal sin experiencia, y perteneciente a una generación con un apego institucional volátil, se convierte en una odisea.

Es así como el 19 de septiembre de 2023 cerca del mediodía, luego del transcurso de varias semanas fuera de despacho debido a un prolongado mantenimiento de máquinas, el jefe de turno a cargo emprende con la tarea de reestablecer las condiciones de funcionamiento necesarias para despachar los generadores. Esto requiere entre otras cosas de la desconsignación de fuentes de energía varias en diferentes sectores de la central. Cerca del punto de culminación de su actividad, cuando se dirige a cerrar el interruptor general de máquina NS5 para ingresar al sistema interconectado, lo hace omitiendo sacar una de las puestas a tierra, lo que genera una falla representada por un cortocircuito eléctrico franco con potencial de consecuencias catastróficas.

Ante este suceso y el creciente e inusual aumento de eventos de proceso mayores asociados a la interacción directa de los operadores, el gerente de Operaciones y Mantenimiento solicitó la colaboración de un especialista externo en seguridad industrial con conocimientos en ergonomía, a fin de identificar patrones que permitieran revelar los precursores causales de dichos sucesos y contribuir a su predicción.

Dadas estas condiciones, se propone realizar una intervención ergonómica que incluya la investigación de causas profundas del suceso. Para una mejor comprensión, a continuación, una fotografía del interruptor con la puerta de acceso principal abierta, operado a través de controles que incluyen; botones pulsadores de accionamiento manual simple a través de los dedos como efectores; y dispositivos informativos visuales, representados a través de luces monocromáticas indicadoras de estado de operación.

**Figura 1.** Panel de control de interruptor.



Elaboración propia fotografía tomada en terreno en proceso de investigación.

## **Objetivos**

### *Objetivo General*

Analizar de forma sistémica las causas profundas que originaron el suceso crítico durante la puesta en marcha del generador G1PB con puesta a tierra colocada, y diseñar propuestas de mejora estratégicas evaluando la relación interdependiente entre las vulnerabilidades cognitivas, el diseño de los sistemas de control y los factores organizacionales en la Central Hidroeléctrica, para mitigar el riesgo operativo en la Central Hidroeléctrica.

### *Objetivos Específicos*

1. Identificar y caracterizar las disfunciones operativas y de diseño presentes en el panel de control central del interruptor (interfaz hombre – máquina) en su contexto de inmersión en una industria conviviente con procesos hidráulicos.
2. Analizar el impacto del recambio generacional ocurrido en 2015, y las condiciones organizacionales de trabajo (ciclos de rotación – fatiga), en el desempeño cognitivo del personal de operaciones.
3. Definir estratégicamente ejes de mejora basados en la disciplina de estudio, que permitan recuperar los errores operativos y evitar la recurrencia del evento.

## **Materiales y métodos**

La presente investigación se consolidó metodológicamente con un estudio de caso de tipo cualitativo, centrado en el análisis sistémico de un evento crítico en su contexto real, la población de estudio varió en función de los objetos y metodologías establecidos en cada etapa de la presente investigación, que incluyó en su máxima expresión el equipo completo (6 jefes de turno, y 6 encargados de sala). Las tareas de operaciones actualmente se distribuyen durante las 24 horas de todos los días del año en turnos cubiertos por un jefe de turno y un

encargado de sala de 8 horas cada uno, con un diagrama progresivo representado por el siguiente ciclo de rotación de 6 semanas de extensión:

Ciclo de rotación: 7 días corridos de 6 a 14h, 7 días corridos de franco, 7 días de retén (franco con disponibilidad para suplencias), 2 días de franco, 7 días corridos de 14 a 22h, 2 días de franco, 7 días corridos de 22 a 6h, y 3 días de franco.

Para la intervención, que incluye el análisis de causas profundas que orbitaron alrededor de la falla, es necesario comprender el suceso, describirlo y predecirlo como a un fenómeno físico. Para esto, se utiliza una estructura metodológica que puede describirse en 4 etapas iniciales y una final (Instituto para una Cultura de Seguridad Industrial, 2015). Estas son: Identificación del suceso, colección de datos, descripción del suceso hasta el nivel de causas aparentes, y búsqueda de causas profundas.

### ***Etapas 1: Identificación del suceso***

Durante una breve reunión informal de discusión abierta con el demandante, se obtuvo una descripción clara del suceso, las delimitaciones de contexto y el inicio al análisis. Se describió en pocas palabras la situación que dio lugar al desarrollo de la investigación.

### ***Etapas 2: Colección de datos***

Esta etapa tuvo como objeto recabar información para su posterior análisis. Se convino entre las partes (solicitante e investigador) que los hechos se encuentran representados en acciones, o un estado concreto, visible y verificable, y por lo tanto diferenciarán de las interpretaciones los juicios, opiniones, suposiciones e hipótesis que no constituyen hechos.

Esta etapa comenzó inmediatamente después de pasada la emergencia, y del restablecimiento y despacho de la central, luego de haberse producido el suceso, y coincidente con el cambio de guardia de turno. Se realizó una reunión con todos los presentes en la sala de control, tanto turno saliente como turno ingresante donde participaron, además, el gerente de Operaciones y Mantenimiento del Complejo y el representante del departamento de seguridad e Higiene de la compañía.

El propósito de la prontitud de la misma (recogida en caliente), fue obtener una breve pero rápida fuente de evidencia fáctica de la condición operativa de los equipos que no cuentan con historial disponible en sus sistemas de control, y realizar una entrevista abierta a los operadores de primera línea presentes (4 personas) con el objetivo de obtener datos de sus lógicas de ejecución, y de las razones que guiaron sus secuencias de operación, sin la distorsión del paso del tiempo y la sobreescritura de la recuperación de los recuerdos en la memoria. El contenido es registrado en una minuta escrita en papel y firmada por todos.

Seguidamente, y para caracterizar de forma ordenada y objetiva la situación en la que se produjo el suceso, se solicitó la participación y colaboración de la gerencia de operaciones y de los departamentos de mantenimiento, administración y recursos humanos. A partir de la información recopilada entre las partes, se presenta el análisis de los elementos comprendidos en la lista reducida y orientativa dividida en cinco ítems (ICSI, 2015): el medioambiente de trabajo, la máquina, el individuo, la organización y la naturaleza de la tarea.

### *Medioambiente de trabajo*

Dado que el interruptor se encuentra en un medioambiente de condiciones controladas (situado en un subsuelo que requiere de inyección de aire acondicionado forzado desde el exterior), y que el relevamiento está orientado a detectar únicamente perturbaciones en la ejecución de la tarea relativa a su operación, se prioriza el análisis de las siguientes características acotadas extrínsecas: la carga térmica, el ruido, y la iluminación.

Para analizar la potencial incidencia de estrés por carga térmica se utilizó un termómetro marca Quest QT 32 gestionado bajo el marco metodológico de la Resolución de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo (SRT) n°30/2023, que incluyó la aplicación del índice TGBH ajustado por ropa y la estimación por tabla de la tasa metabólica, para el posterior cruce de datos en curva de valores límite teórica según dicha Resolución. El ciclo de trabajo para el caso analizado fue de 10 minutos, y para los aspectos fisiológicos, se fijaron en tabla las variables correspondientes al operario que participó en el suceso (trabajador sano y sin factores de riesgo preexistentes).

Para el análisis del ruido se utilizó un sonómetro integrador Clase 2 Tipo 2, según normas IRAM 4074:1988 e IEC 804-1985, marca CEM DT-8852, gestionado y ajustado bajo los criterios del protocolo de medición de nivel de ruido publicado por la Resolución SRT n°85/2012, su guía práctica y anexo respectivo. Para este caso, se realizó una medición indirecta a partir del análisis de niveles sonoros equivalentes en el lugar del suceso con el equipo ubicado a 1,6 metros de altura.

La iluminación, únicamente artificial, cenital, y compuesta por artefactos que incluyen dispositivos LED emisores de luz fría (+4000 K), se midió a través de un luxómetro marca CEM – modelo DT-3809. Se utilizó el protocolo de medición de ambiente laboral publicado en la Resolución SRT n°84/2012 su guía práctica y anexo respectivo.

### *La máquina*

Los estudios incorporados en esta etapa tuvieron como objetivo analizar el grado de armonía de la interacción entre la persona y las relaciones informativas y de control. Los mismos incluyeron dos aspectos principales: las relaciones informativas y las relaciones de control:

Respecto de las relaciones informativas, se analizaron los procesos de comunicación que involucran las respuestas discriminativas de la persona frente a los estímulos emitidos por la máquina. Este vínculo entre sistema y usuario, orientado a la operación correcta del interruptor, fue evaluado cualitativamente en términos de fiabilidad a partir de las categorías de relaciones propuestas por Mondelo et al. (1999), aplicables a la tecnología instalada en estudio:

Los códigos, entendidos en este estudio como el sistema de señales constituido por un conjunto de estímulos predeterminados, estandarizados y acordados entre emisor y receptor que permite la transmisión y recepción de la información, que, en el caso en estudio, son expresamente visuales,

Los canales y dispositivos informativos (DI), que contienen la información que el receptor (la persona) debe recibir; niveles de distinción y comparación, la valoración de la

información recibida, la importancia de los posibles errores y sus consecuencias, las posibles interferencias, y la compatibilidad entre persona y máquina, el resto de los procesos, y el sistema organizativo. En el caso del presente estudio, 100% visuales.

Por último, el análisis también cualitativo de las relaciones de control incluyó el reconocimiento de etapas previas a la ejecución final (activación/desactivación de sistema) como; la información inicial o estímulo recibida por la persona, la concepción de las distintas metas que debe alcanzar el sistema, junto a la selección de la meta específica deseada, y la programación que debe efectuar la persona para alcanzar la meta deseada distinguiendo el tipo de control disponible, la posterior a la ejecución, y la información que fluye como respuesta a la ejecución.

Las categorías descritas se analizaron mediante la metodología Usability Assessment (Stanton et al., 2004). Para su aplicación, se utilizó una lista discreta de preguntas orientadas a dichas categorías, formalizada a través de una entrevista semiestructurada aplicada al jefe de turno que protagonizó el suceso analizado. Las conclusiones fueron interpretadas en relación con las leyes de la Gestalt, que enuncian principios psicológicos sobre la forma en que las personas organizan la información en patrones.

### *El individuo*

En el contexto del desarrollo de este eje, se estudiaron características de ciertos atributos del operador como la atención, la memoria y la eficacia en el procesamiento de datos. Todos estos elementos clave que garantizan la confiabilidad de la operación de este tipo de centrales conforme sus requisitos cognitivos. Para este caso, la población estudiada fue el jefe de turno protagonista del suceso.

Para poder analizar estas características se realizó un relevamiento de datos en conjunto con el personal de Recursos Humanos de estudios incorporados en exámenes preocupacionales y periódicos, que incluyeron aspectos psicotécnicos relacionados con las variables de estudio. Cabe destacar que cada persona que opera una central eléctrica despachada en el Sistema Argentino de Interconexión Eléctrica debe contar con una aptitud médica, y realizar este tipo de exámenes con una frecuencia de 2 años.

Con el correspondiente permiso y reserva de identidad del caso, de los informes analizados, se buscó la existencia de observaciones que pudieran ser compatibles con disfunciones incompatibles con los requisitos del puesto de trabajo. Es pertinente destacar que la interpretación de estos informes alcanza conclusiones sobre:

- Aptitudes intelectuales que incluyen la ubicación en tiempo y espacio, la atención y concentración, y la agilidad mental,
- Las aptitudes físicas como la exposición a largas jornadas de trabajo, la voluntad y la motivación, y el nivel de rendimiento, y
- Las aptitudes laborales como observaciones dependientes del factor de las aptitudes previas, y una valoración del orden del trabajo y sus espacios, el seguimiento de la metodología y parámetros del trabajo, la flexibilidad ante las variaciones, el desempeño ante lo rutinario, y el trabajo en equipo.

Seguidamente se relevó información respecto capacidades, experticia, y rendimiento en general a través de variables como su desempeño durante los periodos de formación, su antigüedad en el puesto y la valoración de su rendimiento técnico por parte de sus evaluadores.

Por último, a través de una entrevista abierta con el jefe de turno que operó el interruptor, se realizó una entrevista abierta para detectar si hubo, circundantes en tiempo a la ocurrencia del suceso, presencia de interferencias intrínsecas como por ejemplo vivencias de emociones que pudieran condicionar marcadamente su estado de ánimo y/o la alteración de sus sentidos.

### *La organización*

Se analizó la potencial presencia de interrupciones abruptas del ritmo circadiano o privaciones prolongadas de sueño previos próximos a la ocurrencia el suceso, teniendo en cuenta que sus consecuencias tienen afección sobre la memoria, la atención sostenida y la capacidad de toma de decisiones. Para esto, se realizó una entrevista abierta con personal de Recursos Humanos, junto con una recopilación y posterior análisis de datos históricos para reconocer si previo al suceso, la organización forzó una sobrecarga de trabajo por cubrimiento de turnos incompletos o no cubiertos.

Para comprender posibles patrones condicionantes, y el impacto en las franjas etarias y experticias de los operadores producto del recambio generacional del año 2015, se amplió la ventana de análisis de datos hasta obtener un histograma detallado de la organización, interpelado por el contexto socioeconómico regional y global.

Por último, para conocer si la organización establece y ejecuta un proceso de formación formal que incluye aspectos técnicos y de seguridad en maniobras eléctricas e hidráulicas propias de la operación de la central, se relevaron los procedimientos y registros propios de la formación/capacitación técnica en general y propia del equipo. *La naturaleza de la tarea*

El objetivo de este paso fue conocer los requisitos o demandas cognitivas relevantes que requieren la operación concreta de la tarea. Para ello, la búsqueda y el análisis se realizó sobre las prescripciones disponibles.

Con el objeto de categorizar el procesamiento según modelo Skills, Rules and Knowledge (SRK) de Rasmussen (1983), de forma descriptiva, se estudió la calidad y la cantidad de información necesaria a mantener en memoria de trabajo para realizar la tarea. Para esto se realizó un relevamiento de documentación referida a procedimientos operativos del equipo de referencia.

Finalmente, y para concebir la percepción de la Carga Mental durante el proceso de operación que pudiera repercutir en el desempeño de su utilización, se dispuso el método NASA TLX (Hart & Staveland, 1988) tanto al personal perteneciente al turno saliente que incluye al jefe de turno que protagoniza el suceso, como al turno ingresante como reemplazante.

### ***Etapas 3: Descripción del suceso hasta el nivel de causas aparentes***

Junto con el comienzo del proceso de análisis de datos, este paso incluyó la identificación de las disfunciones que contribuyeron directamente al suceso entre el conjunto de los datos recogidos. Con el objetivo de asegurar en el análisis la inclusión de aspectos del orden técnico, humano y organizacional se reconoció la lógica del suceso a través del método del árbol de causas (OIT, 2019). Esta construcción requirió de una movilización colectiva por lo que estas actividades se llevaron a cabo en conjunto con el protagonista del suceso, y representantes de todas las áreas.

### ***Etapas 4: Búsqueda de causas profundas***

Esta búsqueda se centró en establecer como el sistema sociotécnico produjo las condiciones suficientes para que se originara el suceso, lejos en tiempo y espacio de la aparición de este. En función del perfilamiento de las características aparentes del suceso, esta búsqueda recurrió a la realización de peritajes técnicos a fin de verificar y/o ratificar disfunciones existentes, y una entrevista con el turno del personal de operaciones involucrado, y personal jerárquico de operaciones y mantenimiento.

Esta entrevista de cuestionamiento abierto estuvo guiada por la técnica de los cinco porqués, y atravesado por un recurso tipológico que incorporó una lista de puntos clave para la caracterización del origen de las acciones inadecuadas (ICSI, 2015). Los resultados de este análisis inmerso en el curso de la secuencia del suceso colaboran en la distinción de la contribución humana permitiendo identificar el origen de la divergencia entre las acciones esperadas, de acuerdo con las prescripciones y las acciones efectivamente realizadas.

Esta etapa fue moderada por el investigador responsable, y la recogida de datos incluyó la consulta de documentos operativos, registros físicos y de sistemas, y la realización de entrevistas con todos los operadores que comprenden la población del área de operaciones con el fin de poder distinguir y descartar sesgos de interpretación personal.

### ***Etapas 5: Definición de ejes de mejora***

Esta última etapa tuvo como objeto principal reconocer las acciones orientadas a la solución sostenible de disfunciones profundas que evitan que el suceso se repita. La construcción de estas acciones se realizó colectivamente movilizando diferentes actores, representantes de la toma de decisiones y responsables de las acciones. Además, se confrontaron en reuniones, los puntos de vista entre el responsable del análisis, las personas que protagonizaron el suceso, los expertos técnicos, los encargados de tomar las decisiones y las personas afectadas por las nuevas disposiciones planteadas.

## Resultados y Discusión

### ***Etapas 1: Identificación del suceso***

Para dar respuesta al objeto de investigación del suceso denominado “Inicio de secuencia de arranque de generador G1PB con puesta a tierra colocada”, a continuación, se muestran objetivamente los hallazgos colectados durante la etapa 2 de colección de datos en orden de aparición respecto sus métodos precedentes, seguido por la identificación de las disfunciones que contribuyeron directamente al suceso entre el conjunto de los datos recogidos mencionado en la etapa 3.

### ***Etapas 2 y 3: Los hallazgos de la recolección de datos y de la descripción del suceso hasta el nivel de causas aparentes.***

#### *Medioambiente de trabajo*

Carga térmica: el estudio mostró un valor de exposición final de 23 °C, que cruzado con tablas de Resolución SRT 30/2023, que incluyen la aplicación del índice TGBH ajustado por ropa, (compuesto de algodón ignífugo de alta desteridad), y una estimación de tasa metabólica baja relacionado a trabajos ligeros de 180 Watts de promedio, arrojó un valor aceptable marcadamente por debajo de las líneas permisibles o de requerimiento de acción.

Ruido: Habiendo descartado a través de las entrevistas iniciales presencia de irrupciones violentas de ruido por acoplamiento de equipos inesperados, u otro origen industrial, los valores de las mediciones in situ no arrojaron la presencia de ruidos de impulso, y un nivel de presión acústica integrado de 53,5 dBA, lo cual, interpelado con el ciclo de trabajo es un valor aceptable.

Iluminación: Si bien los controles del tablero de comando del interruptor tienen confirmación lumínica, la operación está abastecida por iluminación cenital únicamente artificial con una medición de 227 Lux. Sumado a que se corroboró en campo la inexistencia de la ubicación de artefactos que pudieran generar deslumbramiento ocular, el valor es aceptable.

Con esto, los estudios asociados al espectro medioambiental no mostraron interferencias, y los valores no se reconocieron como disfuncionales, por lo tanto, no aportaron condiciones para el desencadenamiento del suceso.

#### *La máquina*

Respecto las relaciones informativas que estuvieron bajo análisis, los códigos mostraron una llamativa discrepancia entre procesos que conviven permanentemente en el plano de razonamiento de los operadores de este tipo de centrales. Esta diferencia, está marcada en la estandarización de dos estados centrales de operación: ABIERTO/CERRADO.

Mientras que, en los procesos hidráulicos, que suponen una gran parte de la operación del complejo ABRIR significa dejar circular, fluir, reiniciar el proceso y llenar; por el contrario, para los procesos que incluyen maniobras eléctricas, abrir significa todo lo contrario:

interrumpir. En el caso de CERRAR, la divergencia entre códigos coexistentes persiste: mientras que para los procesos hidráulicos significa cortar, para el eléctrico significa reponer un sistema, circular, fluir.

Esta diferencia se representa en la Figura 2, donde se sintetiza el contraste funcional entre los comandos abrir/cerrar en procesos hidráulicos y eléctricos.

**Figura 2.** Estándar utilizado para abrir/cerrar en procesos de utilización central.

| Proceso    | ABRIR              | CERRAR             |
|------------|--------------------|--------------------|
| Hidráulico | Pasar/Circular     | Cortar/Interrumpir |
| Eléctrico  | Cortar/Interrumpir | Pasar/Circular     |

Extraída desde estándares funcionales internos y usos internacionales.

Los canales y dispositivos informativos visuales (DIV), que contienen la información que el receptor (la persona) debe recibir como niveles de distinción y comparación, muestran otra preocupante divergencia en un código simple y de estandarización universal: ROJO/VERDE.

En la operación del interruptor, el ingreso de información al sistema se realiza mediante un estímulo voluntario entregado al tablero de control por parte del operador a través del efector (dedo índice de mano hábil), mediante pulsadores simples no luminosos.

Como respuesta, el sistema devuelve información de su nuevo estado a través de un DIV. A continuación, un zoom fotográfico y su referencia espacial, de una unidad de operación del tablero donde se observan: pulsadores no luminosos (debajo), dispositivos de información visual luminosos cualitativos (al medio), y un esquema gráfico estático simplificado de la función de control (arriba).

**Figura 3.** Unidad de operación de panel de control de interruptor.



Elaboración propia fotografía tomada en terreno en proceso de investigación.

En este caso, la orden ingresada al sistema a través de un pulsador no luminoso estandarizado (como el de la figura 3) es seguida por una respuesta del sistema a través de un div con el código invertido. en este caso, al pulsar un botón rojo la respuesta de confirmación inmediata al estímulo es de color verde.

**Figura 4.** Comparación de Estándar vs. Condición Relevada para pulsadores y DIV para los comandos de ABRIR y CERRAR.

|                | Estándar       |           | Condición relevada |           |
|----------------|----------------|-----------|--------------------|-----------|
|                | Color Pulsador | Color DIV | Color Pulsador     | Color DIV |
| Marcha / Abrir | VERDE          | VERDE     | ROJO               | VERDE     |
| Parar / Cerrar | ROJO           | ROJO      | VERDE              | ROJO      |

Elaboración propia

Aún en el interior del universo eléctrico, aparece una nueva disfunción en uno de los requisitos que debe cumplir un sistema informativo como respuesta a un estímulo puntual, y en reconocimiento del estado del sistema posterior: la coherencia. Es aquí donde la secuencia de lectura de los estados del proceso, pueden no ser tan clara como la universalidad del rojo/verde. Se observan entonces dos cuestiones respecto las relaciones de control:

La interpretación del estado de la secuencia: en el contexto de la operación del interruptor, que para la puesta en servicio de la central requiere de una combinación única de los estados de los cuatro controles, los colores asignados a cada uno de estos estados, no tiene una relación lógica ni en su estado individual ni en el colectivo (agrupado).

Mientras que la secuencia de arranque (con un enfoque panóptico del operador y características compatibles a la interpretación de ley de cierre), debería lucir como un sistema lógico permisivo de los cuatro dispositivos indicativos de color verde (todo verde) o blanco como confiere el estándar, la realidad lo expresa como una secuencia de verde-rojo-rojo-verde.

**Figura 5.** Reconocimiento espacial de estado del sistema en tablero de comando de interruptor



Elaboración propia desde fotografía tomada en terreno durante la investigación.

Esta última combinación de colores de los dispositivos indicativos, agrupados en espacio, sugiere una escena de interpretación secuencial a una correspondencia espacial, donde en realidad el requisito de ejecución de cada unidad de operación del tablero es exclusivamente individual. Lo confirma esto, además, la existencia de diversas configuraciones y combinaciones posibles en función de la información inicial que recibe el operario del estado del sistema y de los objetivos requeridos. Esto hace que la distinción de colores de los DIV no solo sea innecesaria, sino también divergente de los códigos utilizados para el control del

sistema, y, además, genera dificultades en la asociación de estados para el control del sistema en general.

**Figura 6.** Secuencia requerida para operar el interruptor y dar disponibilidad al sistema, según procedimientos

| Secuencia de derecha a izquierda de la foto | Comando       | Equipo                             | Ejecución             | Información de respuesta del sistema |
|---------------------------------------------|---------------|------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| Paso 1                                      | <b>ABRIR</b>  | Puesta a tierra lado transformador | Pulsador <b>ROJO</b>  | Enciende DIV <b>VERDE</b>            |
| Paso 2                                      | <b>CERRAR</b> | Secionador                         | Pulsador <b>VERDE</b> | Enciende DIV <b>ROJO</b>             |
| Paso 3                                      | <b>CERRAR</b> | Interruptor                        | Pulsador <b>VERDE</b> | Enciende DIV <b>ROJO</b>             |
| Paso 4                                      | <b>ABRIR</b>  | Puesta a tierra lado generador     | Pulsador <b>ROJO</b>  | Enciende DIV <b>VERDE</b>            |

Elaboración propia a partir de datos extraídos de la presente investigación

La gestión de errores de ejecución: el error del operador de lanzar el proceso de arranque con la puesta a tierra de lado generador colocada o cerrada (a la izquierda de la foto), tiene consecuencias potencialmente catastróficas y directas que no están contempladas por la aplicación de controles de principios de compatibilidad de los estados posibles del sistema. esto significa que, las protecciones del sistema no identifican inconsistencias en los procesos de operación.

Las valoraciones del paso de la herramienta Usability Assessment mostraron concordancia en la percepción de la utilización del equipo respecto del relevamiento de datos junto a su interpretación anterior. A continuación, un resumen de las once secciones de la metodología:

**Figura 7.** Resumen de resultado de secciones de la herramienta Usability Assessment

| N° | Sección                             | Resumen percepciones                                                                              |
|----|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Calidad Visual                      | Sin comentarios                                                                                   |
| 2  | Coherencia                          | Falta de coherencia en la respuesta del sistema a estímulos                                       |
| 3  | Compatibilidad                      | Los códigos del sistema no son compatibles con otros códigos convivientes                         |
| 4  | Comentarios informativos            | Complejidad en la lectura de estado general de sistema                                            |
| 5  | Explicidad                          | Los operarios con menos experiencia tienen mayores dificultades para comprender el funcionamiento |
| 6  | Funcionalidad apropiada             | Sin comentarios                                                                                   |
| 7  | Flexibilidad y control              | Sin comentarios                                                                                   |
| 8  | Prevención y corrección de errores  | El sistema no tiene un sistema lógico de protección ante errores de ejecución                     |
| 9  | Guía y soporte para el usuario      | Sin comentarios                                                                                   |
| 10 | Problemas de usabilidad del sistema | Todos los anteriores descriptos                                                                   |
| 11 | Usabilidad general del sistema      | *Descriptos juntos a la Coconstrucción de las acciones de mejora                                  |

Elaboración propia a partir de datos extraídos de la presente investigación

### *El individuo*

Los resultados del estudio de los atributos del operador pueden resumirse en tres categorías: modalidad de trabajo, coordinación viso motriz y nivel atencional. Del análisis de estos no se hallaron resultados que puedan asociarse a disfunciones que pudieran ser precursoras del suceso. Para reservar datos personales, no se incorporan detalles cuantitativos en el presente Estudio.

Respecto su experticia, producto del análisis de datos recolectados, resulta ser acorde a un operario de su antigüedad en el puesto de trabajo. Su desempeño en los periodos de formación, en las labores cotidianas y en su rendimiento técnico es satisfactorio. Por último, y producto de la entrevista abierta con el jefe de turno que operó el interruptor, se descarta presencia de interferencias intrínsecas como por ejemplo vivencias de emociones que pudieran condicionar marcadamente su estado de ánimo y/o la alteración de sus sentidos.

### *La Organización*

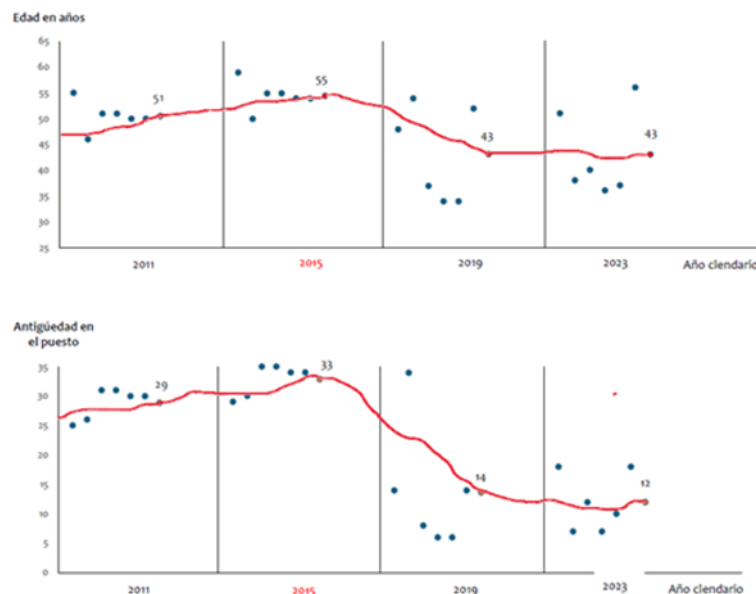
Producto de un primer análisis se detectó la presencia de disrupciones del ritmo circadiano y privaciones prolongadas de sueño previos próximos a la ocurrencia el suceso, con una acumulación de 5 de ciclos de rotación de reiterancia en la utilización de los francos tipo retén, producto de faltante de operadores para el cubrimiento de turnos por renunciadas y bajas temporarias por salud.

Esto hizo que, en un ciclo de rotación completo, haya trabajado 7 días de turno mañana de cubrimiento en retén, 2 días de franco, 7 días corridos de turno tarde, 2 francos, 7 días corridos de turno noche, 3 francos y 7 días corridos de turno mañana y 7 días de franco. La suma en un ciclo asciende a 28 días trabajados en turnos progresivos y 14 días de descanso alternado, cuando la lógica debería ser de 21 por 21, uno trabajado por uno descansado.

Del análisis ampliado a través de un histograma de la organización, se observó un patrón condicionante, donde el desorden del equilibrio vigilia - descanso tiene una acumulación de por lo menos 3 años.

Respecto al análisis de documentación relacionada con el impacto del reconocimiento del decreto diferencial del 2015 que fuerza un desprevenido recambio de personal, se obtienen las dispersiones de edad de jefes de turno y de la antigüedad de estos en su puesto de trabajo antes y después del punto de inflexión.

**Figura 8.** Gráficos de dispersión de edad y antigüedad en el puesto de trabajo en edad productiva (18 a 55).



Elaboración propia a partir de datos facilitados por la organización.

Por último, resulta pertinente destacar que los procesos formales de capacitación y habilitación operativa no profundizan en la dualidad semántica que enfrenta la operación de la central, entre los sistemas hidráulicos y eléctricos. Las evidencias, demuestran que la instrucción técnica actual asume la competencia basándose en la certificación del puesto, omitiendo una estrategia deliberada de gestión del cambio que aborde una posible inconsistencia en interfaces sociotécnicas (descubierta por esta investigación), lo cual restringe la capacidad del operador de resolver la ambigüedad conceptual bajo condiciones de carga mental.

### *La naturaleza de la tarea*

Dentro del objetivo de este paso que fue conocer los requisitos o demandas cognitivas relevantes que requieren la operación concreta de la tarea de operación del interruptor, se encuentra que es una tarea sencilla de pocos pasos, pero no siempre con una misma secuencia y configuración. Estas últimas van a depender del estado inicial del sistema y del objetivo final del proceso de su operación. Dependiendo de este último, la cantidad de configuraciones posibles pueden ascender a 16 diferentes.

Por tanto, para el jefe de turno protagonista del suceso, con una antigüedad de menos de un año en su puesto de trabajo, es decir, familiarizado con la situación, pero con baja experiencia, la categorización de modo procesamiento en niveles de control cognitivo de la tarea según modelo SRK de Rasmussen, es de nivel II – Basado en reglas.

Finalmente, y como producto del análisis de Carga Mental durante el proceso de operación a través del método NASA TLX tanto al personal del turno saliente que incluye al jefe de turno que protagoniza el suceso como al ingresante, se observaron en todos los casos

puntuaciones altas en la dimensión de exigencia mental (M) donde además los factores predominantes poseían carácter intrínseco. Esto dio como resultado un nivel de percepción de carga mental ALTO.

La combinación de la baja experticia, y la carga mental pueden llevar al operador a procesar a niveles de conocimiento (nivel III – modelo SRK), donde al no disponer de reglas para apuntalar una comparación, necesita de la ejecución de análisis más profundos, por lo tanto, también de la utilización de un nivel de atención más considerable. En este caso, el operador entonces recurrirá a su comprensión conceptual y modelo mental del proceso para diagnosticar y desarrollar un plan de acción sobre la situación.

Para finalizar el análisis de datos, y así reconocer los patrones, tendencias y relaciones de los resultados, a continuación, se resume la descripción de la lógica del suceso. Rescindiendo en esta etapa de la revelación del extenso cuadro completo de detalles del uso de la herramienta del árbol de causas se detallan a continuación las hipótesis, que serán el punto de partida de la búsqueda de las causas profundas:

**Figura 9.** Resumen de hipótesis de causas a nivel de causas aparentes.

| N° Secuencia Lógica | Causas aparentes                                                     | Dimensión        |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1                   | Deficiencias en los códigos de comunicación (canales y dispositivos) | Equipo           |
| 2                   | Deficiencias en las relaciones de control                            | Equipo           |
| 3                   | Falta de protecciones en el sistema ante fallas catastróficas        | Equipo           |
| 4                   | Disrupciones del ritmo circadiano                                    | Organización     |
| 5                   | <b>FALLA</b>                                                         | Multidimensional |

Elaboración propia a partir de datos extraídos de la presente investigación

#### ***Etapa 4: La búsqueda de causas profundas***

Es necesario para abordar eficazmente esta etapa, reconocer conceptualmente que las respuestas a la búsqueda planteada por el objetivo de la investigación están ocultas detrás de confusos síntomas tentadores de una rápida acción. El desafío es entonces, encontrar en ellos las pistas suficientes, decodificarlas e interactuarlas para llegar a las causas profundas. Habiendo utilizado el método de análisis de las acciones inadecuadas, a continuación, un resumen de resultados de la caracterización del origen de estas en el curso de la secuencia del suceso.

**Figura 10.** Resumen de relación síntoma – causa aparente – causa profunda.

| Síntoma (acción inadecuada)                                          | Causa aparente                                                       | Causa profunda (origen)                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Error de operador (despacho de sistema con puesta a tierra colocada) | Deficiencias en los códigos de comunicación (canales y dispositivos) | Condición de diseño / Fallas en el comisionado (análisis de compatibilidad ergonomía cognitiva) |
|                                                                      | Deficiencias en las relaciones de control                            |                                                                                                 |
|                                                                      | Disrupciones del ritmo circadiano                                    | Fallas en la gestión del recambio generacional                                                  |
| Cortocircuito en el sistema                                          | Falta de protecciones en el sistema ante fallas catastróficas        | Fallas en el análisis de riesgo de procesos y consecuencias                                     |

Elaboración propia a partir de datos extraídos de la presente investigación

En la medida que las causas profundas son reveladas, también se eleva el punto de observación y comprensión del suceso. Obtener claridad y precisión en el diagnóstico de las causas colabora directamente con la pericia quirúrgica que da solución sostenida a los problemas de arrastre y de fondo aquellos que J. Reason llamaba alegóricamente patógenos residentes.

### ***Etapas 5: Definición de ejes de mejora***

Se detallan a continuación una lista de acciones eficaces orientadas a las causas profundas que garanticen la no repetición del suceso:

1. Incluir en los procesos de comisionado de nuevos equipos y tecnologías a las estructuras disponibles de gestión de riesgos de proceso, y asegurar que estén contempladas las dimensiones de compatibilidad conceptual o cultural y ergonómicas en general.
2. Incluir el recambio generacional del personal de operaciones como un aspecto en la matriz de riesgo de la organización y darle tratamiento adecuado para resolver las consecuencias actuales (afectación a los ciclos de turnos establecidos) y las proyectadas en función de las estimaciones futuras (experticia y traspaso cultural).
3. Incluir en los análisis de riesgo de proceso, el análisis de consecuencias potenciales del suceso, modificando desfavorablemente el contexto del suceso inicial a través de la supresión de estados o acciones que limitan las consecuencias reales de los sucesos, y buscando escenarios que tengan en cuenta uno adicional.

Considerando que las modificaciones estructurales en los procesos de comisionado y el rediseño de interfases (puntos 1 y 3) representan soluciones cuyos resultados se ven reflejados a mediano y largo plazo, se vuelve imperativo establecer barreras de mitigación inmediatas. Como estrategia transitoria para contener la confiabilidad el sistema y proteger a los operadores a corto plazo, se sugiere la implementación de una herramienta de control operativo que garantice de forma estandarizada una Verificación Cruzada Obligatoria para toda maniobra eléctrica crítica en el interruptor NS5 o similar al mismo, donde pueda proyectarse un evento de características como el estudiado. Por último, es aconsejable

complementar la acción con la colocación de cartelería de advertencia física sobre los paneles de puesta a tierra hasta tanto se encuentren disponibles y operativas las inhibiciones lógicas del software de control.

Lejos en tiempo y espacio del suceso, existe una historia transcurrida y grabada en hechos de escasa visibilidad. Develar su génesis en profundidad, amplía las fronteras del universo de conocimiento del suceso, permite entre otras cosas describirlo y predecirlo como un fenómeno físico. Queda revelado entonces, en la siguiente y última etapa del estudio, luego del proceso de investigación, la imagen lógica ampliada del suceso analizado.

### ***Discusión***

Los hallazgos de la presente investigación abonan la teoría de que el error operativo es un síntoma consecuente de disfunciones incorporadas al sistema mucho tiempo antes de la manifestación del evento. Por lo tanto, el error no debe ser interpretado como una falla aislada del individuo, sino como el resultado de la convergencia de estas disfunciones en un mismo e impredecible tiempo y espacio.

Respecto la dimensión Cognitiva: Las discrepancias en los códigos de comunicación para órdenes binarias y universales en la convivencia de procesos disímiles (eléctrico e hidráulico), junto con la falta de coherencia de los estímulos entregados por los dispositivos informativos (DIV), demuestran que el sistema de control a través de su interfaz impone un desafío cognitivo que no es compatible con el modelo mental de los operadores, especialmente aquellos con menor experticia.

Respecto de la dimensión organizacional, la acumulación de fatiga derivada de condiciones organizacionales disfuncionales actúa como un ‘patógeno residente’ (Reason, 2009), capaz de generar condiciones que comprometen el desempeño del operador. En este contexto, la fatiga puede dificultar el procesamiento de la información basado en reglas y aumentar la necesidad de recurrir a procesos basados en conocimiento ante situaciones complejas, de acuerdo con el modelo SRK de Rasmussen (1983). Asimismo, el trabajo por turnos, las jornadas prolongadas y los períodos insuficientes de descanso pueden afectar el desempeño y la seguridad durante la ejecución de las tareas, especialmente ante una interfaz que presenta una secuencia visual y conceptualmente ambigua (Folkard & Tucker, 2003).

Sumado a esto, la falta de inhibiciones lógicas que debieran actuar de “red de contención” ante una secuencia errónea, resaltan la carencia de un enfoque sistémico en el diseño de interfases en la operación de sistemas sociotécnicos complejos, y por lo tanto, la propensión al error se materializa imposibilitando la decodificación de las señales débiles previas a la ejecución de maniobras.

También y, por último, esta investigación refuerza la necesidad de integrar la ergonomía cognitiva no solo en la operación cotidiana, sino desde las fases del diseño y comisionado, alineándose con las prácticas de las Organizaciones de Alta Confiabilidad (Hopkins, 2021).

## Conclusiones

En el año 2015, el encuadramiento del personal de la empresa concesionada dentro las disposiciones del Decreto 937/74 generó un abrupto recambio generacional en el personal de operaciones de la Central Hidroeléctrica. Una falta de previsión del hecho junto a la coyuntura económica, social y cultural desencadenaron en un debilitamiento crónico de la estructura del equipo de operaciones.

Esto generó la necesidad de cubrimientos de turnos por lapsos prolongados con una disrupción preocupante en los ciclos circadianos, junto a privaciones de descanso y por consiguiente colocó abruptamente al mando de las operaciones de la compleja central a operadores familiarizados con las operaciones, aunque con bajo niveles de experticia, que no solo deberían resolver problemas complejos, sino también, instruir a las nuevas generaciones ingresantes.

En el contexto de un prolongado mantenimiento de máquinas, el jefe de turno a cargo, con menos de un año de antigüedad en el cargo, y con una acumulación preocupante de ciclos interrumpidos de descanso emprende con la tarea de reestablecer las condiciones de funcionamiento necesarias para despachar los generadores. Cuando se dirige a cerrar el interruptor general de máquina NS5 para ingresar al sistema interconectado, no percibe la información de una señal débil y confusa, y omite sacar una de las puestas a tierra.

La falta de compatibilidad conceptual o cultural, específicamente, entre el significado real de la información y la interpretación que realiza el operario, sumado a una organización que arrastra condiciones disfuncionales con consecuencias de alteración de ritmo circadiano con lógica afectación directa al desempeño cognitivo a través de la aparición de fatiga crónica, crearon las condiciones suficientes como para recrear un escenario proclive al error.

A este proceso crítico debilitado, se sumó la falta de previsión de escenarios de fallas complejas, y por consiguiente la carencia de protecciones lógicas que recuperasen los errores, y sus posteriores las consecuencias. Es así como, de la deriva en la gestión de todos los aspectos anteriores se tuvo como resultado una falla con potencial de magnitud catastrófica.

Más allá de la intensa e inmersa búsqueda de causas profundas realizada, existen aún posibilidades de ir más lejos. Queda evidenciado por esta y tantas otras investigaciones, que existen condiciones o hechos identificables que dan lugar a la aparición de sucesos, y que, bien analizadas, pueden darnos pautas precisas de predicción con buenas coordenadas de aparición y frecuencia de sucesión (Reason, 2009).

La complejidad de estos precursores radica ni más ni menos que en su carácter distintivo y no en el tratamiento posterior que se tiene ante su reconocimiento. En general, la señal que emite de su presencia es débil, o ciertamente confusa, por lo menos para las organizaciones más frecuentes. Robustos sistemas de reportes de fallas, junto con la delegación profunda de decisiones críticas, permiten reconocer en estas organizaciones un desempeño asociado a la alta confiabilidad (Hopkins, 2021).

## Referencias

- Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S. A. (s. f.). *Empresa*. CAMMESA. <https://cammesaweb.cammesa.com/empresa/>
- Folkard, S., & Tucker, P. (2003). Shift work, safety and productivity. *Occupational Medicine*, 53(2), 95–101. <https://doi.org/10.1093/occmed/kgg047>
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). *Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research*. En P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Human mental workload* (pp. 139–183). North-Holland. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9)
- Hopkins, A. (2021). *Convertirse en una organización de alta confiabilidad: Una guía práctica (Cuadernos de la seguridad industrial, 2021-03)*. Instituto para una Cultura de Seguridad Industrial. [https://www.foncsi.org/sites/default/files/Publications/Publications\\_ES/cahier\\_ES\\_organizacion-alta-confiabilidad\\_2021.pdf](https://www.foncsi.org/sites/default/files/Publications/Publications_ES/cahier_ES_organizacion-alta-confiabilidad_2021.pdf)
- Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle. (2015). *Factores humanos y organizativos de la seguridad: El análisis en profundidad de los sucesos (Cuadernos de la seguridad industrial, 2015-04)*. [https://www.icsi-eu.org/sites/default/files/2020-09/Icsi\\_cuaderno\\_ESP\\_FHOS-analisis-profundidad-sucesos.pdf](https://www.icsi-eu.org/sites/default/files/2020-09/Icsi_cuaderno_ESP_FHOS-analisis-profundidad-sucesos.pdf)
- Mondelo, P. R., Gregori, E., Blasco, J., & Barrau, P. (1999). *Ergonomía 3: Diseño de puestos de trabajo* (2.ª ed.). Edicions UPC. <https://upcommons.upc.edu/entities/publication/83597bc4-54e9-4582-b272-a9574c562daa>
- Organización Internacional del Trabajo. (2019). *Investigación de accidentes del trabajo a través del método del árbol de causas: Manual de formación para investigadores*. <https://www.ilo.org/es/publications/investigacion-de-accidentes-del-trabajo-traves-del-metodo-del-arbol-de>
- Poder Ejecutivo Nacional. (1974, 27 de marzo). *Decreto 937/1974: Jubilación ordinaria para personal ocupado en tareas riesgosas inherentes a la prestación de servicios eléctricos*. Boletín Oficial de la República Argentina, 2 de abril de 1974. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-937-1974-171007>
- Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, and knowledge: Signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-13(3), 257–266. <https://doi.org/10.1109/TSMC.1983.6313160>
- Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, and knowledge: Signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-13(3), 257–266. <https://doi.org/10.1109/TSMC.1983.6313160>
- Reason, J. (2009). *El error humano*. Modus Laborandi.
- Stanton, N. A., Hedge, A., Brookhuis, K., Salas, E., & Hendrick, H. W. (Eds.). (2004). *Handbook of human factors and ergonomics methods*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203489925>
- Superintendencia de Riesgos del Trabajo. (2012, 25 de enero). *Resolución 84/2012: Protocolo para la medición de la iluminación en el ambiente laboral*. Boletín Oficial de la República Argentina, 30 de enero de 2012, N.º 32328, p. 8. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-84-2012-193616>
- Superintendencia de Riesgos del Trabajo. (2012, 25 de enero). *Resolución 85/2012: Protocolo para la medición del nivel de ruido en el ambiente laboral*. Boletín Oficial de la República Argentina, 30 de enero de 2012, N.º 32328, p. 10. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-85-2012-193617>

Superintendencia de Riesgos del Trabajo. (2023, 26 de julio). *Resolución 30/2023: Especificaciones técnicas sobre carga térmica – estrés por calor*. Boletín Oficial de la República Argentina, 28 de julio de 2023, N.º 35221, p. 44.  
<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-30-2023-387450>



Todos los contenidos de la revista **Ergonomía, Investigación y Desarrollo** se publican bajo una [Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) y pueden ser usados gratuitamente, dando los créditos a los autores y a la revista, como lo establece la licencia