

---

---

**1**

**ACCIDENTES DE TRABAJO Y SU RELACIÓN  
CON LOS PARÁMETROS DE ACTIVIDAD  
GEOMAGNÉTICA E INTENSIDAD DE RAYOS  
CÓSMICOS.**

---

*Néstor Minhuey Méndez, Walter Orozco Iguasnia, Washington  
Torres Guin*

---

# ACCIDENTES DE TRABAJO Y SU RELACIÓN CON LOS PARÁMETROS DE ACTIVIDAD GEOMAGNÉTICA E INTENSIDAD DE RAYOS CÓSMICOS

Prof. Néstor Minhuey Méndez, PhD (†)<sup>(1)</sup>, Walter Orozco Iguasnia<sup>(1)</sup>, Washington Torres Guin<sup>(1)</sup>

<sup>1</sup>Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones  
Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE)  
Campus La Libertad, vía principal La Libertad – Santa Elena. Ecuador  
E-mail: worozco@upse.edu.ec

## Resumen

*El control de los accidentes laborales es de extrema importancia para las empresas por lo que se incentiva los trabajos de prevención en los programas de Seguridad y Salud ocupacional. Sin embargo, hasta un 80% de los accidentes laborales son catalogados como producto de errores humanos y estos, a su vez, tienen diversas causas como las ambientales. La presente investigación preliminar tiene como objetivo estudiar los niveles de correlación entre los accidentes en la industria y las perturbaciones del Clima Espacial (parámetros Kp Index e Intensidad de Rayos cósmicos). Se correlacionaron estadísticamente los índices de accidentabilidad con los parámetros referidos por datos de acceso libre. Se obtuvieron como resultados preliminares que existe una fuerte correlación lineal significativa entre los índices (tasa) de accidentabilidad y Clima espacial (Kp Index e Intensidad de Rayos Cósmicos). También se determinó que cuando  $Kp \geq 4$  significativamente ocurren más accidentes que cuando  $Kp < 4$ . Conclusión: Los llamados errores humanos como causa de accidentes laborales podrían estar en alguna medida inducidos por las Tempestades Geomagnéticas, TGM, ya que existe una fuerte correlación lineal significativa de accidentes laborales cuando se tienen TGM y sería posible su prevención toda vez que estas pueden ser monitoreadas con anterioridad a su ocurrencia.*

**Palabras Clave:** Accidentes laborales; Clima espacial; Tempestades geomagnéticas; Kp Index; intensidad de Rayos Cósmicos

## Abstract

*The control of workplace accidents is of extreme importance for companies for which prevention is encouraged through occupational safety and health programs. Nevertheless, up to 80% of workplace accidents are categorized as a product of human error and these, at the same time, have diverse causes such as environmental ones. The current preliminary investigation has as an objective to study the levels of correlation between accidents in industry and the space weather disturbances (Kp Index parameters and Intensity of cosmic rays). They are statistically correlated with accident rates parameters referred by open access data. Preliminary results show a strong linear correlation between the indices (rate) of accidents and space weather (Kp Index and Intensity of cosmic rays). It was also determined that when  $Kp \geq 4$ , there were significantly more accident occurrences than when  $Kp < 4$ . As a conclusion, the so called human errors as a cause of workplace accidents could be in some measure induced by the geomagnetic storms, since there is a strong linear correlation of workplace accidents when there are geomagnetic storms. It would be possible to prevent these accidents every time these could be monitored prior to their occurrence.*

**Keywords:** Workplace accidents; Space Weather; Geomagnetic storms; Kp Index; cosmic rays intensity

## 1. Introducción

Se define como accidente un suceso eventual o acción de que resulta daño involuntario para las personas o las cosas. En el caso ecuatoriano el Instituto de Seguridad Social, IESS, se define como un accidente del trabajo a todo suceso repentino e imprevisto que ocasione a una persona lesión corporal, perturbación funcional o muerte. La prevención de accidentes en la industria es un desafío constante en las tareas de seguridad del trabajo y esto demanda el enfoque de esta problemática desde varios puntos de análisis de las causas de accidentes.

Los accidentes se dividen en:

- Origen humano por acción insegura la cual indica la acción o su falta de acción del trabajador que puede llevar a la ocurrencia de accidentes. A este tipo de accidentes se relaciona por ejemplo los causados por el uso de herramientas en estado defectuoso, trabajar sin equipo de protección, falta de atención, etc.
- Origen ambiental por condición insegura que es cualquier condición del ambiente de trabajo laboral que puede contribuir a la ocurrencia de accidentes. A este tipo de accidentes se relaciona por ejemplo la falta de protección médica, incumplimiento de los mandatos de corrección de fallas, etc.

De otro lado, existen los llamados factores o condiciones de riesgo laboral que pueden generar accidentes de trabajo y enfermedades. Entre estos tenemos:

- Seguridad; son factores relacionados al lugar de trabajo.
- Factores de origen; relacionados a los agentes químicos, físicos y biológicos.
- Organización de trabajo; relacionados a la forma o modelo de trabajo en determinado sector laboral que puede generar entre otros síntomas de estrés laboral.
- Características de trabajo; condiciones a la que estará sometido el trabajador como los niveles de atención durante la jornada laboral, condiciones ergonómicas, etc.

En la práctica los accidentes laborales constituyen el resultado final de diversas causas donde se asocia el denominado error humano. Se estima que este factor está presente en un 80-90% de los casos fatales.

Las siguientes características humanas pueden crear situaciones de accidentabilidad:

- Atención; la alta concentración en alguna actividad puede ser mantenida por un corto tiempo
- Percepción; estamos obligados a interpretar cualquier situación a través de nuestros sentidos y eso cambia de persona a persona.
- Memoria; nuestra capacidad de recordar es muy limitada.
- Razonamiento lógico; es bajo el nivel de razonamiento lógico de las personas y esto es lo exigido en muchas actividades laborales.

La concentración en las labores sobre todo consideradas peligrosas puede verse afectada rápidamente por diversos factores ambientales como las condiciones meteorológicas (calor, frío, fuertes vientos, etc.) que pueden condicionar accidentes especialmente en las situaciones de trabajos a la intemperie (sector de la construcción, eléctrico, etc.).

En los estudios sobre las influencias de los factores ambientales en las ocurrencias de accidentes ha surgido un nuevo factor que no había sido tomado en cuenta como lo es el llamado Clima Espacial.

El Clima espacial se define como “Condiciones en el Sol, viento solar, magnetosfera, ionosfera y la termosfera que pueden influir en el rendimiento y fiabilidad de los sistemas tecnológicos espaciales o terrestres y que pueden poner en peligro la vida humana o la salud. (US National Space Weather Programme).

Ya son un número considerable de trabajos científicos que demuestran una correlación significativa entre las perturbaciones solares, las Tormentas geomagnéticas (Perturbaciones de la magnetosfera terrestre debido a la interacción con las partículas emanadas del sol) y los accidentes de tránsito, accidentes de aviación y trenes, averías de los sistemas eléctricos y telecomunicaciones. En todos estos casos de accidentes se tiene que el operador o trabajador tuvo fallas de reacción, comprensión o alteraciones fisiológicas. Esto conlleva a las condiciones que inducen error humano presente en las causas de accidentes en general.

Por esto, resulta de interés el estudio de una posible relación entre los accidentes en la industria y el Clima Espacial.

## Objetivo

Estudiar una posible correlación entre los índices de accidentabilidad en las actividades industriales y los parámetros del clima espacial Kp y la Intensidad de Rayos Cósmicos (CRI).

## 2. Metodología

Para estudiar la correlación entre los parámetros del clima espacial y parámetros del clima espacial se colectaron datos de la media anual de la actividad solar (número de manchas solares, Índice de centello solar, índice coronal, Intensidad de rayos cósmicos) así como parámetros de la actividad geomagnética (Kp, Ap, y Dst índices) del Solar - Terrestrial Physics Division (STP) de datos solares. Para la media anual de los índices de Intensidad de rayos Cósmicos fueron utilizados los datos del Oulu monitor de super neutrones. Los datos de la actividad geomagnética fueron recopilados de Omni web data system.

Los índices de accidentabilidad (a nivel regional de América latina) fueron colectados de las instituciones encargadas de las informaciones sobre Seguridad y Salud en el Trabajo o sus equivalentes de circulación libre en el internet que se especifican en las referencias bibliográficas.

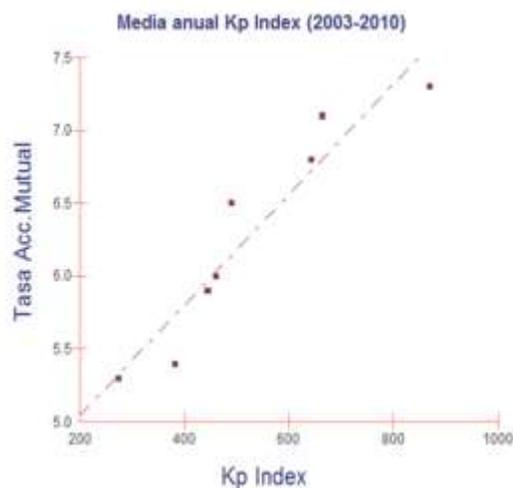
La relación entre los parámetros del Clima Espacial y los índices o tasas de accidentabilidad fue establecida mediante los testes de Correlación.

## 3. Resultados

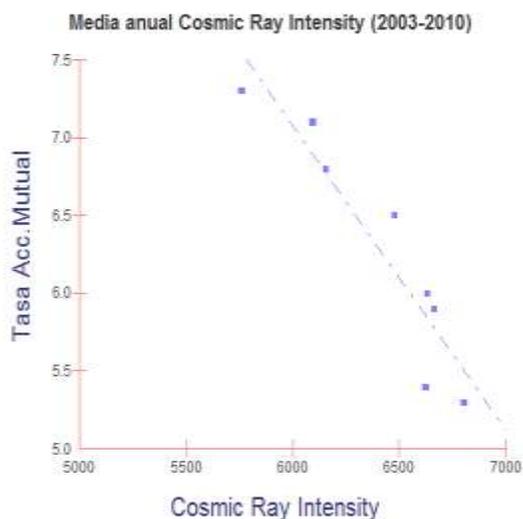
Los resultados son mostrados en las figuras 1-10 según las Tasas o índices de accidentabilidad en mutualidades (Industrias manufactureras; Transporte; Agricultura, Silvicultura y Pesca, Construcción; Comercio; Servicios; Electricidad, gas y agua, Minería) y actividades económicas específicas en función a los parámetros Kp index e Intensidad de Rayos Cósmicos CRI (Cosmic Ray Intensity).

### Mutualidades

(Superintendencia de Seguridad Social, Chile)



**Figura 1.** Tasa de accidentabilidad (x 100 trabajadores) en función a la Media anual del Kp Index con un coeficiente de Correlación  $r=0.94$  ( $p<0.01$ )



**Figura 2.** Tasa de accidentabilidad (x 100 trabajadores) en función a la Media anual de intensidad de Rayos Cósmicos con un coeficiente de correlación  $r= -0.93$  ( $p<0.01$ )

La Correlación encontrada es alta, lineal y significativa lo que podría corroborar el facto de que existe una dependencia de las actividades humanas y los llamados errores de trabajo que condicionan los accidentes registrados.

### Según Actividad Económica

**Industria manufacturera**

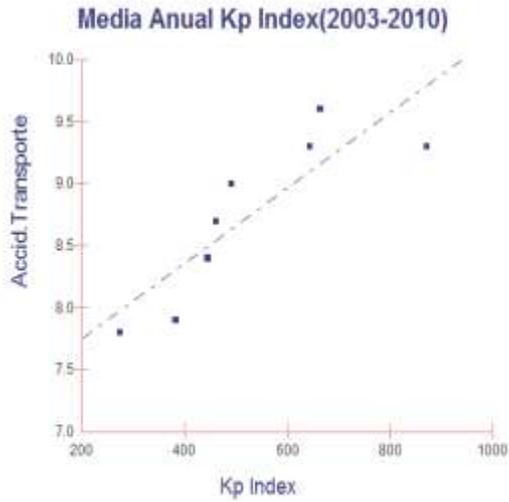


Figura 3. Tasa de accidentabilidad (x 100 trabajadores) en función a la Media anual del Kp Index con un coeficiente de correlación  $r=0.85$  ( $p<0.01$ ).

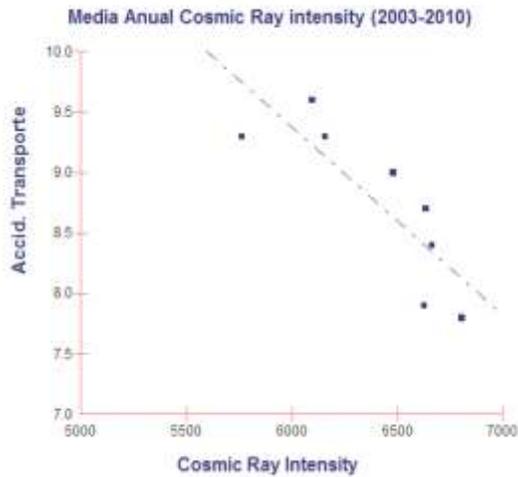


Figura 4. Tasa de accidentabilidad (x 100 trabajadores) en función a la Media anual de intensidad de Rayos C3smicos con un coeficiente de correlaci3n  $r=-0.83$  ( $p<0.01$ )

**Minería**

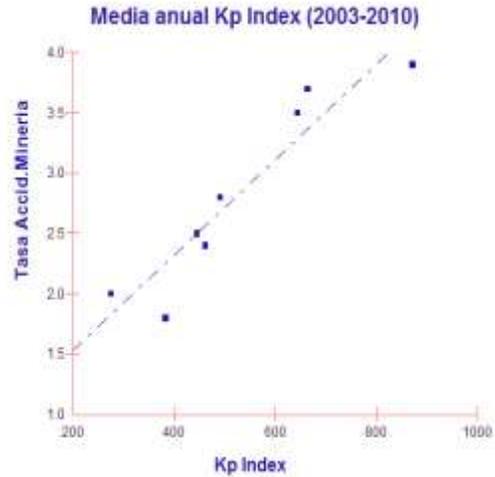


Figura 5. Tasa de accidentabilidad (x 100 trabajadores) en función a la Media anual del Kp Index con un coeficiente de correlaci3n 0.93

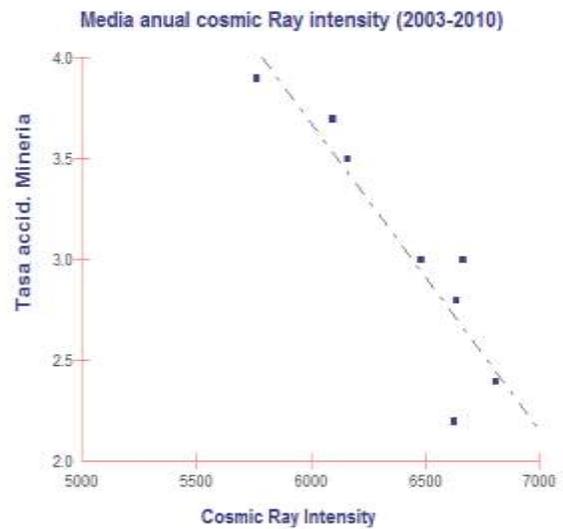


Figura 6. Tasa de accidentabilidad (x 100 trabajadores) en función a la Media anual de intensidad de Rayos C3smicos con un coeficiente de correlaci3n -0.90

Los datos presentados entre las correlaciones en la industria manufacturera y minera muestran una mayor correlaci3n para la minería lo que podría indicar que en las actividades consideradas peligrosas la influencia de las fluctuaciones geomagnéticas en los trabajadores podría ser mayor.

Tambi3n fueron investigadas las correlaciones para otros países de la Am3rica latina en sectores específcos:

- Sector Eléctrico – Uruguay
- Industria del Petróleo y del Gas en Argentina

Sector Eléctrico (Uruguay, UTE)

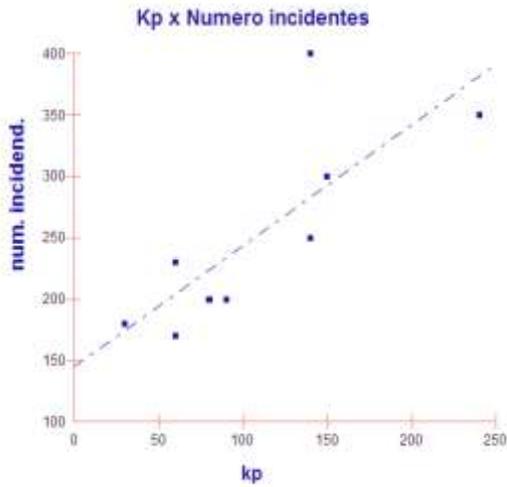


Figura 7. Número de incidencias en función a la Media anual del Kp Index con un coeficiente de correlación  $r= 0.79$  ( $p<0.01$ )

relación con los eventos relacionados a la accidentabilidad como ya fue observado en otros trabajos para otras áreas.

Industria del Petróleo y del Gas en Argentina (IAPG 2003-2010)

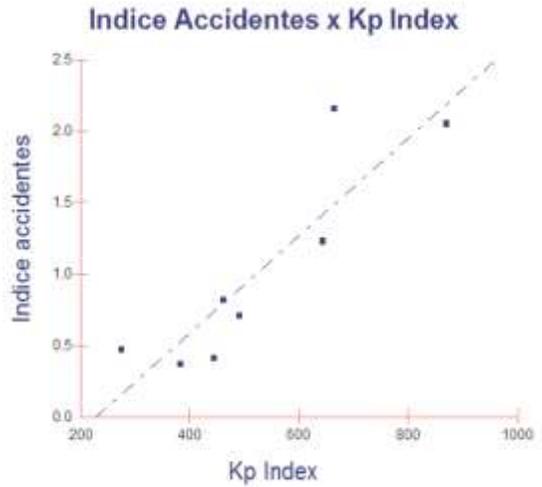


Figura 9. Índice de accidentes en función a la Media anual del Kp Index con un coeficiente de correlación 0.88

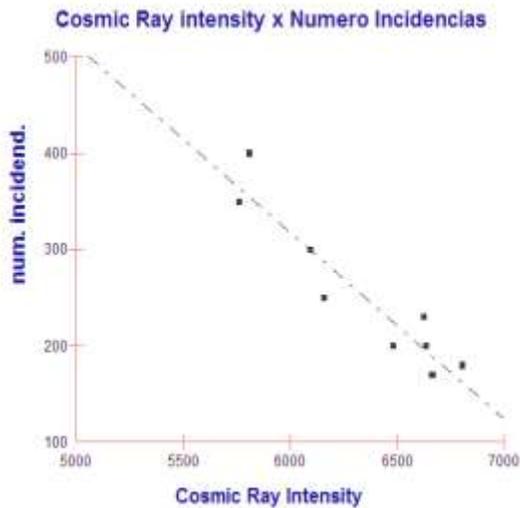


Figura 8. Número de incidencias en función a la Media anual de intensidad de Rayos Cósmicos con un coeficiente de correlación  $-0.93$

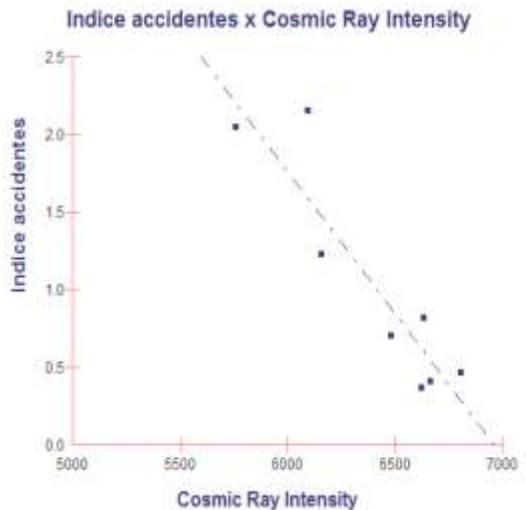


Figura 10. Índice de accidentes en función a la Media anual de intensidad de Rayos Cósmicos con un coeficiente de correlación  $-0.91$

Se puede apreciar que la Intensidad de rayos cósmicos es un parámetro que muestra bien la

Actividad	Coefficiente de correlación
-----------	-----------------------------

Mutualidades x Kp	0.94
Mutualidades x IRC	-0.93
Manufacturera x Kp	0.85
Manufacturera x IRC	-0.83
Minería x Kp	0.93
Minería x IRC	-0.90
Sector Eléctrico x Kp	0.79
Sector Eléctrico x IRC	-0.93
Petróleo y Gas x Kp	0.88
Petróleo y Gas x IRC	-0.91
p	< 0.01

Tabla 1. Resultados de coeficientes de correlación por actividades

Los gráficos 1-3 muestran que en los días en que existe  $Kp=4$  es decir cuando existen perturbaciones geomagnéticas y cuando ya se tienen tempestades geomagnéticas  $Kp>4$  los números de accidentes son significativamente mayores que cuando son días con  $Kp<4$  según el Test de Mann-Whitney ( $p<0.01$ ).

Mutualidades (IESS, Ecuador)

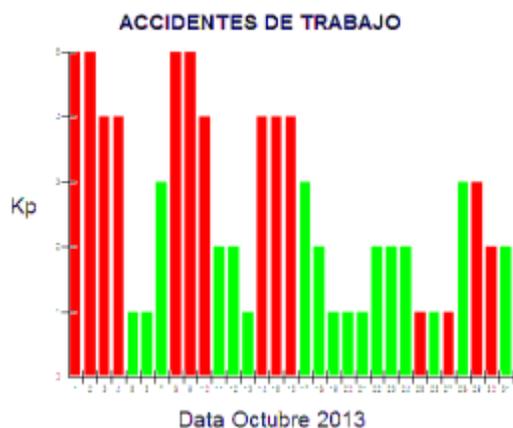


Gráfico 1. Relación entre el Índice Kp en relación a las fechas de ocurrencias de accidentes de trabajo. En verde son los días sin accidentes.

Sector Minero (Enero-Diciembre 2013, Sernageomin, Chile)

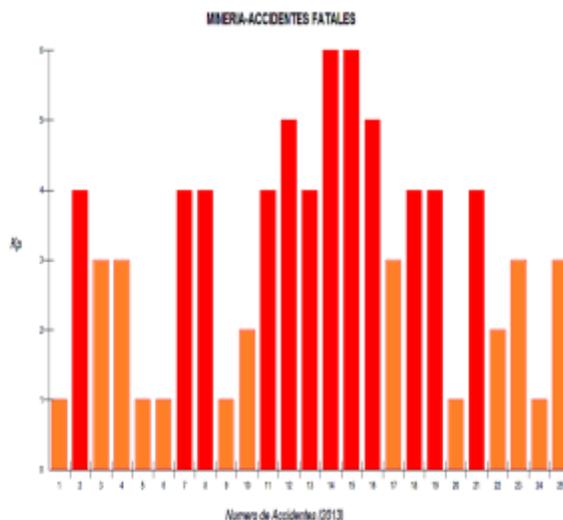


Gráfico 2. Relación entre el Índice Kp y el número de accidentes fatales de trabajo en el 2013. Las barras en rojo muestran los días cuando  $Kp \geq 4$  y en marrón cuando  $Kp \leq 3$ .

Empresa Eléctrica (Ecuador, Santa Elena)

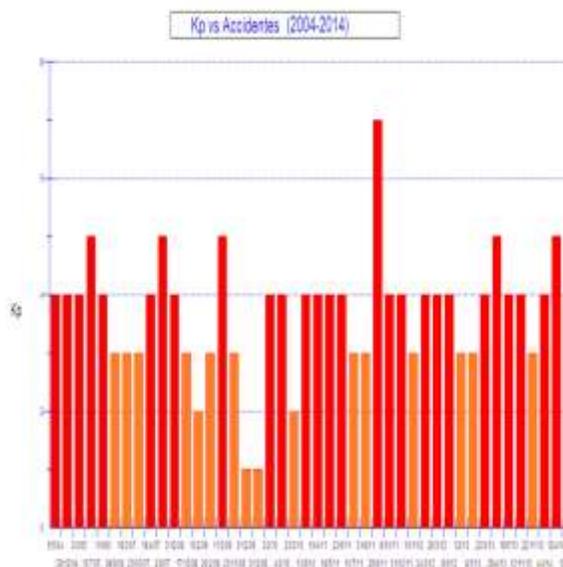


Gráfico 3. Relación entre el Índice Kp y el número de accidentes de trabajo. Las barras en rojo muestran los días cuando  $Kp \geq 4$  y en marrón cuando  $Kp \leq 3$ .

#### 4. Conclusiones

- Correlación estadísticamente significativa con los diversos parámetros de las TGM
- Correlación según tipo de actividad laboral (mutualidades)
- Los niveles de TGM que correlacionan accidentes laborales son de  $K_p = 4$  o superiores
- Las causas que condicionan errores ya determinados en seguridad del trabajo son semejantes a los provocados por las TGM en la fisiología humana.
- Los accidentes laborales debido a las TGM pueden ser prevenidos mediante una gestión calificada y metodología apropiada en el correspondiente sector industrial

#### 5. Referencias

[1] Tomassen G.J.M., Solar imprinting in geomagnetic fields: some biological consequences, in, Proc. of Intern. Symposium «Exact, natural and human sciences in the presence of uncontrolled environmental factors», Brussels, CIFA, 1992, p. 47 – 51.

[2] Belisheva. N; Popov A. Dinamica del estado morfofuncional celular em las variaciones del campo geomagnetico. Biofisica, 1995, т. 40, №4, c. 755 – 764.

[3] Cherry N., 2002a, Schumann Resonance and sunspot relations to human health effects in Thailand, Human Science Department, Lincoln University, Canterbury, New Zeland.

[4] Belov DR, Kanunikov IE, Kiselev BV. Dependence of human EEG spatial synchronization on the geomagnetic activity on the day of experiment. Ross Fiziol Zh Im I M Sechenova. 1998 Aug; 84(8):761-74.

[5] Dimitrova S1, Stoilova I, Yanev T, Cholakov I. Effect of local and global geomagnetic activity on human cardiovascular homeostasis. Arch Environ Health. 2004 Feb; 59(2):84-90.

[6] Dorman LI (2005). Space Weather and Dangerous Phenomena on the Earth: Principles of Great Geomagnetic Storms Forecasting by Online Cosmic Ray Data. Ann. Geophys. 23:2997.

[7] Yolanda A. Báez, Manuel A. Rodríguez (2), Enrique J. De la Vega (3) y Diego A. Tlapa (1).

Factores que influyen en el error humano de los trabajadores en líneas de montaje manual. Inf. tecnol. vol.24 no.6 La Serena 2013

[8] Reason J. Human error. NY. Cambridge University 1990

[9] Kuleshova, V. P., Pulinets, S. A., Sazanova, E. A. & Kharchenko, A. M. 2001 [Biotropic effects of geomagnetic storms and their seasonal variations]. Biofizika 46, 930–934.

[10] Verma PL. Traffic accident in India in relation with solar and geomagnetic activity parameters and cosmic ray intensity (1989 to 2010). International Journal of Physical Sciences. Vol. 8(10), pp. 388-394, 16 March, 2013

[11] Babayev ES, Allahverdiyeva AA (2007). Effects of geomagnetic activity variations on the physiological and psychological state of functionally healthy humans: Some results of Azerbaijani studies. Adv. Space Res. 40:1941.