

Generalmente se subestima a la BT

APRENDER DE LOS ACCIDENTES

**Alfred Franz
Jost Keller**

Un electricista de distribución fue hospitalizado con quemaduras y una intoxicación por humo cuando sólo trataba de comprobar un fusible. La caja de conexión estaba alimentada en BT pero la potencia de cortocircuito era considerable.

En 2004, la **Inspección General de las Instalaciones de Corriente Elevada** (ESTI, de Suiza), analizó 88 accidentes profesionales causados por la electricidad. Aunque el número está descendiendo, la tasa de accidentes mortales se mantiene.

Un instalador eléctrico tenía que reemplazar unas conexiones provisionales mediante un elemento fusible una farola de iluminación viaria. Por la tarde, había retirado primero los fusibles en la cabina de distribución de los cables y después abrió la tapa del registro de conexiones de la farola. Comprobó la falta de tensión en dos de los tres conductores de la línea y a continuación desconectó el racor de los empalmes. Cuando trató de introducir los cables por la abertura con su mano izquierda, sufrió una fuerte descarga sin poderse liberar hasta transcurridos de 10 a 15 segundos. ¿Cómo pudo ocurrir?



Fig. 1. El control de la falta de tensión exige conocer bien el trabajo

Había descuidado el comprobar el tercer cable de fase, que produjo el *shock*. El análisis del accidente reveló que el montador no había retirado los fusibles adecuados. Dado que la iluminación vial estaba apagada, los dos conductores en los que había verificado la falta de tensión estaban efectivamente sin carga pero no verificó que el tercer conductor (previsto para otros fines particulares) no estaba conmutado al circuito principal de iluminación.

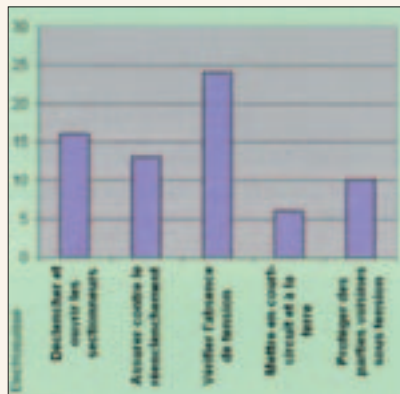


Fig. 2. Reglas de seguridad cuya no reservancia ha sido la causa de accidente

- El gráfico de la figura 2 muestra que un gran número de accidentes podrían ser evitados si se comprobaba siempre la falta de tensión de la zona de trabajo, en particular los conductores polares. (Regla de los cinco dedos, punto 3º)

- En el caso de circuitos conmutados, telecomandos o de tensiones externas, debe prestarse una atención muy especial a la preparación del trabajo y a la valoración del riesgo.

Regla de los cinco dedos

1. Desconectar y abrir todos los seccionadores
2. Asegurarse contra el rearmado
3. Verificar la ausencia de tensión
4. Poner en cortocircuito y a tierra
5. Proteger las partes cercanas bajo tensión

- Incluso en BT, se recomienda cortocircuitar los conductores polares (Regla de los cinco dedos, punto 4º) particularmente en las instalaciones de alimentación o control complejos. Además, es importante conocer la instalación y su funcionamiento incluso en instalaciones simples,

Cortocircuito en una caja de conexiones doméstica

Un electricista de red de distribución fue requerido para corregir un defecto en un inmueble de vecinos. Suponiendo que la avería era debida a la caída de un disyuntor, se presentó con ropa deportiva ligera. Mientras otra persona iluminaba la zona de trabajo con una linterna, el operario abrió la caja de conexiones y retiró los fusibles roscados en tamaño A4. Mediante un medidor de tensión trató de medir la tensión pero, al tocar con la banana la base del disyuntor, se originó un fuerte cortocircuito. El arco eléctrico provocado despidió al electricista e incendió la tapa del armario. El accidentado resultó con



Fig. 3. Una elevada corriente de cortocircuito se produce siempre que haya un corte de sobrecorriente

quemaduras en el tronco y una intoxicación por humo.

Sobre los elementos fusibles de la caja faltaban los tornillos de ajuste (Fig.3). El operario no lo apreció a la luz de la linterna, atravesando con la punta del medidor el agujero taladrado en la base del elemento, tocando la barra de montaje conectada a tierra y provocando el cortocircuito.

En las cajas de conexiones de BT en los inmuebles hay siempre latente



Fig. 4. Los elementos de trabajo pueden ocasionar cortocircuitos

una potencia de cortocircuito elevada, lo que requiere unas medidas de protección adecuadas (STI 407.1199).

- La estadística muestra que se producen incluso más accidentes en BT que en AT.(Fig.5).

- Los accidentes de este tipo se pueden evitar si el puesto de trabajo está diseñado en forma segura: buena iluminación, lugar seguro, ausencia de riesgos de caída, vía de escape despejada, equipos de protección individual(casco con visera y guantes) que protegen de heridas graves si algo llegara a suceder. En el caso citado, los tornillos de ajuste hubieran evitado el accidente (Art. 4.3.1.2.1, NIBT).

Arco provocado por un cortocircuito entre las bornas de aparatos

El siguiente ejemplo de accidente muestra cómo circulan corrientes muy elevadas de cortocircuito (incluso en BT). Al adaptar la alimentación eléctrica de un complejo de edificios importante. Una empresa había aceptado el encargo de instalar, en una combinación de aparatos de conmutación, además de un disyuntor de canalización tripolar, otros seis disyuntores unipolares. Dado que los nuevos disyuntores no tenían la misma altura que el antiguo, era necesari-

rio colocar una barra DIN de montaje suplementaria. Después de haber taladrado los agujeros de fijación, un electricista trataba de introducir la barra con los soportes y tornillos, y, de pronto, sufrió una fuerte descarga eléctrica y se produjo una violenta detonación.

Al tratar de introducir y fijar la barra, había tocado la borna L1 (bajo tensión) del disyuntor de tripolar. Al sufrir un choque eléctrico, provocó (al retirar bruscamente la barra) un

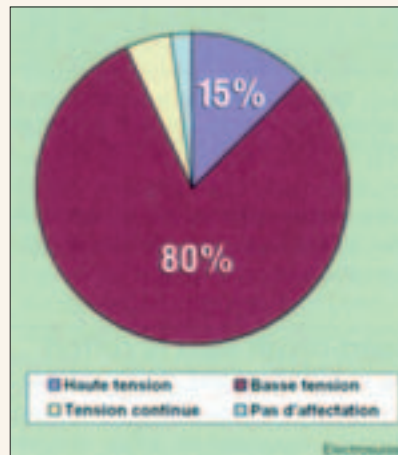


Fig. 5. El 80% de los accidentes profesionales eléctricos se producen en BT y el 15% en AT

cortocircuito entre la borna del aparato y la barra de montaje ya existente unida a tierra (Fig. 6). La corriente de cortocircuito pudo alcanzar, al menos, 7,5 kA. El accidentado no había advertido que el borne de empalme del disyuntor estaba pelado (Fig.7).

- Debe ponerse atención especial en la preparación del trabajo a fin de reconocer las piezas bajo tensión y protegerlas de contactos (Regla de los cinco dedos, punto 5°).

- No debe subestimarse la potencia del cortocircuito incluso en el ca-

so de BT. Con un disyuntor BT de alto poder de ruptura (superior a 200 A) la corriente de cortocircuito puede alcanzar los 7,5 kA.

- También, en este caso, los equipos de protección individual hubieran evitado lesiones (STI 407.1199).

Trabajo acrobático con equipos de protección inadecuados

En una estación de transformación de 11 kV se trataba de tirar un cable hasta el lugar de acoplamiento y conectarlo. Los operarios encargados sacaron de la celda el seccionador (ya en posición de corte) y lo depositaron en la parte posterior del pasillo. Para trabajar sin peligro en la zona de empalme, quisieron colocar una placa aislante para recubrir los contactos superiores bajo tensión. La placa elegida resultaba demasiado ancha y trataron de introducirla de forma inclinada, sin equipos de protección individuales y forzándola parcialmente (Fig.8). De pronto, se produjo un arco en la celda que fue correctamente cortado a los 350 ms. Uno de los electricistas tuvo que ser evacuado de la celda llena de humo y hospitalizado con quemaduras de tercer grado en las manos, brazo derecho y espalda.

Al introducir la placa, el accidentado se aproximó demasiado al contacto bajo tensión y (a la vez) tocó la pared lateral de la celda con el hombro derecho, desencadenando el arco. El efecto térmico del arco se identificaba claramente sobre la placa de recubrimiento por la deposición de una capa de cobre vaporizado sobre la misma (Fig.9). La placa protegió al accidentado de otras heridas graves en el rostro y tronco, pero esta protección fue completamente fortuita.

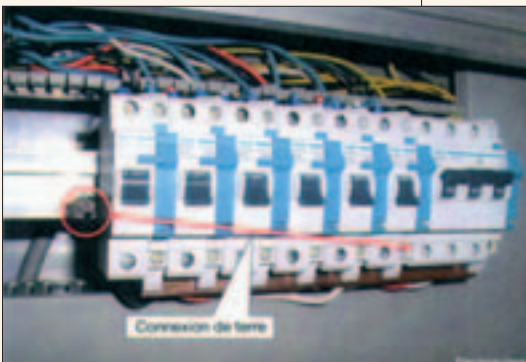


Fig. 6. Cortocircuito a tierra entre la barra y la borna desnuda antes de la instalación de un nuevo disyuntor

Fig. 7. Borna abierta bajo tensión





Fig. 8. Atención a operaciones aparentemente sencillas

- El gráfico de la figura 10 muestra que numerosos accidentes son debidos a una forma arriesgada de trabajar (Art.8, OPA).

- Para recubrir eficazmente piezas bajo tensión conviene utilizar el material apropiado (Art. 68.1 c, OCF)

- Al colocar material de protección, deben aplicarse las medidas de seguridad usuales según EN 50110, en el caso de encontrarse en la zona de peligro o su entorno.

- Una vez más, un equipo de protección individual hubiera podido evitar daños corporales (STI 407.1199 y Art.5, OPA)

Supresión incorrecta de una toma de tierra enclavada

En el marco de importantes trabajos de transformación, se instaló provisionalmente un transformador en una estación transformadora de 16 kV. Después de los trabajos en el primario y el secundario del mismo, se decidió ponerlo en servicio pero, al retirar el terminal de la puesta a tierra, no se lograba soltar la conexión central (Fig.11). Un montador se introdujo en la celda para soltar mediante unas tenazas el terminal bloqueado. De pronto, saltó un arco eléctrico y el accidentado fue sacado de la celda y hospitalizado con graves quemaduras en una oreja, manos y pies.

El operario no había protegido los contactos bajo tensión ni la barra colectora. Además, no utilizaba herramientas aisladas ni equipo de protec-



Fig. 9. Depósito de cobre vaporizado

ción. Al soltar la conexión a tierra tocó con la cabeza una pieza bajo tensión y provocó el arco eléctrico.

- El gráfico de la figura 14 muestra que, a partir de 2001, existe un ligero aumento de los accidentes en los que no se utilizaba equipo de protección individual. En más del 50% de los casos, el equipo estaba presente pero no se utilizaba. Si existen partes de la instalación bajo tensión es, no solamente obligatorio sino por el propio bien del usuario, emplear los equipos de protección: chaqueta, guantes y casco con visera (STI 407.1199).

- Este ejemplo muestra igualmente que se descuida la nueva evaluación del riesgo con motivo de acontecimientos no previstos, como en el caso de un terminal bloqueado. Esto comporta una forma arriesgada de

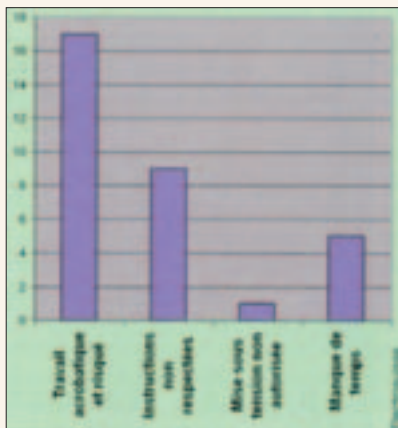


Fig. 10. Actos contrarios a la seguridad, que han provocado accidentes

trabajar. En este caso hubiera sido necesario respetar la distancia a las piezas en tensión o recubrirlas con el material correspondiente (OCF Art.68.1 c).

- Se deben emplear herramientas adecuadas y aisladas cuando se trabaja en instalaciones eléctricas.

Puesta inmediata de la aguja "a cero"

Dos operarios tenían la misión de revisar los interruptores y los transformadores en la estación transformadora de una empresa industrial y controlar los relés primarios de 16 kV. Comenzaron la revisión tal como se había previsto, después de que un electricista de explotación hubiera desconectado el primer transformador en AT y BT y liberado el lugar de trabajo. Una vez terminada la revisión del primer transformador, el electricista de explotación lo conectó y cortó el segundo transformador. Antes del almuerzo, fueron revisados los transformadores 2 y 3. A primera hora de la tarde, se revisó el cuarto transformador con el mismo procedimiento. Una vez terminada la revisión, el operario de explotación restableció el estado normal. Seguidamente quiso discutir un problema relativo a la BT con uno de los electricistas.

De pronto, se produjo un arco con una fuerte detonación en la celda del transformador 4 y un operario tuvo que ser hospitalizado con arritmias cardíacas y quemaduras de segundo grado.

Mientras uno de los electricistas de red atendía al de explotación (a propósito del problema de BT), el otro recogía las herramientas y realizaba el último control visual. Sobre el seccionador del transformador 4 notó que la aguja del relé no estaba puesta a cero por lo que abrió con la mano izquierda la cubierta superior de la celda a fin de mover la aguja con la mano derecha.

Antes de alcanzar el relé, se cebó un arco entre L2 y L3, arco que se interrumpió a los 120 ms. Después de 360 ms, hubo un nuevo desencadenamiento rápido de arco. Dado que el poder aislante (aire ionizado, plasma) no estaba aún restablecido, se cebó

Statistique des accidents professionnels dus à l'électricité

Groupes de personnes	Moyenne 1995 - 2004										
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
Electriciens de métier	57	73	67	64	49	41	54	62	52	47	
	1	0	2	1	0	2	1	2	0	1	
	40	43	45	27	47	41	67	30	38	32	
	2	2	3	1	3	1	2	0	2	2	
	10	16	9	9	13	6	6	14	6	9	
Autres	1	0	1	0	2	0	0	2	1	0	
	non saisis/non classés										
	66	98	103	72	78	38	43	56	48	43	
	41	27	18	28	29	50	84	50	48	45	
	non saisis/non classés										
Niveau de formation	8	11	4	9	5	3	17	8	11	6	
	66	71	71	67	68	62	72	66	54	53	
	31	28	46	23	30	20	37	30	31	29	
	non saisis/non classés										
	juin - septembre (4 mois)										
Saison	47	59	48	45	55	36	52	43	51	41	
	60	67	73	55	54	52	75	63	45	47	
	21	22	30	23	20	16	23	19	17	13	
	86	104	91	77	88	72	102	87	79	75	
	non saisis/non classés										
Objet de l'accident	35	54	40	34	32	25	29	31	28	31	
	25	43	31	25	26	14	18	22	16	22	
	7	9	4	5	5	0	11	7	11	6	
	2	2	5	4	1	2	0	2	1	3	
	non saisis/non classés										
Installations	37	37	49	38	39	25	53	37	36	26	
	21	21	29	30	14	13	25	25	22	15	
	13	11	18	4	21	11	25	8	13	8	
	3	5	2	4	4	1	3	4	1	3	
	non saisis/non classés										
Récepteurs	34	40	31	27	35	34	45	37	30	30	
	9	15	7	8	8	12	11	14	13	10	
	19	16	23	18	21	18	31	15	14	16	
	4	10	2	1	6	1	3	6	3	4	
	non saisis/non classés										
Tension efficace	10	15	10	8	6	6	11	10	9	11	
	89	102	107	81	96	70	104	88	84	71	
	3	1	0	1	0	8	7	6	1	4	
	non saisis/non classés										
	courant circulant à travers le corps										
Effets	75	65	88	65	75	74	93	71	67	61	
	33	46	33	32	33	18	31	36	29	24	
	non saisis/non classés										
	incapacité de travail < 3 jours										
	incapacité de travail > 3 jours										
Catégorie d'accident	44	45	43	53	53	31	48	43	44	29	
	60	77	72	45	51	54	76	59	49	56	
	3 (3 %)	1 (1 %)	6 (5 %)	2 (2 %)	5 (5 %)	3 (3 %)	3 (2 %)	4 (4 %)	3 (3 %)	3 (3 %)	
	non saisis/non classés										
	Total des accidents professionnels dus à l'électricité										
	107	110	126	100	109	88	127	106	96	88	

Comparaison: statistique SUVA

Total des accidents professionnels toutes branches
avec issue fatale (en % de tous les accidents)

195'000	224'000	205'000	194'000	196'000	199'000	197'000	188'000	181'000	179'000	179'000
183	185	188	200	206	150	221	175	146	146	Non encore disponible
(0,1 %)	(0,1 %)	(0,1 %)	(0,1 %)	(0,1 %)	(0,1 %)	(0,1 %)	(0,1 %)	(0,1 %)	(0,1 %)	



Fig. 11. Celda con protección de puerta a tierra y conexión a tierra bloqueada

un arco tripolar con una intensidad de 2 kA, que fue cortado correctamente al cabo de 360 ms.

- La responsabilidad de los puestos de trabajo, de atribuciones y las órdenes deben estar regulados con precisión.

- Después de las pausas de trabajo debe reevaluarse el peligro a fin de mantener la atención. En este ejemplo se descuidó la evaluación del riesgo con motivo de una etapa del trabajo no prevista: la puesta a cero de la aguja.

- Deben respetarse las zonas de peligro y proximidad EN 50 110).

Experiencias en el control de instalaciones

No siempre son los errores personales los que provocan accidentes y con frecuencia son las propias instalaciones las defectuosas. Como resultado de diversos análisis de accidentes debidos a la electricidad y a estados de las instalaciones no conformes a la seguridad, se pueden constatar a menudo los defectos siguientes:

- Protección básica insuficiente (protección contra los contactos directos).

- Protección en caso de error, insuficiente, inexistente o defectuosa (protección contra contactos indirectos)

- Falta de protección suplementaria (por ejemplo, disyuntor de corriente diferencial-residual o de equipotencialidad).

Cuando tales defectos están presentes, es evidente que los controles exigidos por la OIBT y expuestos técnicamente en la NIBT, no han sido realizados correctamente. La estadística de control de una gran empresa de explotación de redes muestra los defectos más frecuentes constatados en los controles periódicos.

En el curso del año estudiado, se efectuaron controles periódicos en unos 2.000 elementos constatándose defectos en 1199 elementos de las instalaciones. En 39 casos, el conductor de protección estaba bajo tensión y en 1807 casos estaba interrumpido; 1611 defectos eran peligrosos para las personas y 507 para las cosas.

Accidentes en la proximidad de catenarias ferroviarias(1)

Los accidentes que se producen en las proximidades de las catenarias ferroviarias son analizados por el Servicio de información sobre accidentes de ferrocarriles y buques del SG-DE-TEC, y no están comprendidos en la estadística de la **Inspección Federal de las Instalaciones de Corriente Elevada (ESTI)**. En el curso del men-



Fig. 12. Estas quemaduras, aparte de dolorosas, son de cura difícil

Actes et états contraires à la sécurité entre 1995 et 2004

	Nombre d'accidents	en % de tous les accidents
Actes contraires à la sécurité		
Relatifs au travail		
Règles des 5 doigts non respectées	598	50%
Équipement de protection individuelle	232	22%
Dispositifs de protection	70	7%
Outils/matériels électriques	184	17%
Relatifs aux personnes		
Travail acrobatique et risque	219	20%
Instructions non respectées, mise sous tension sans autorisation, activité illégale d'installation	136	13%
Manque de temps	143	13%
États contraires à la sécurité		
Installation et/ou matériel	440	42%
Relatifs à l'organisation et à l'environnement		
Instructions de travail et contrôle	294	27%
Influences du lieu de travail	57	5%
Relatifs aux personnes		
État physique et psychique de la personne effectuant le travail	14	1%
Compétences/connaissances professionnelles	92	9%
Total des accidents professionnels dus à l'électricité de 1995 à 2004	1871	

cionado año del estudio (2004), se produjeron nueve accidentes en las proximidades de catenarias. En ocho de ellos hubo personas gravemente heridas y en uno, importantes daños materiales.

En dos casos unos jóvenes subieron a unos vagones y tocaron la catenaria sufriendo graves *shocks* e hiriéndose gravemente al caer del vagón con motivo del *shock*. Los accidentes de jóvenes son, en su mayoría, consecuencia de pruebas de valor o de simple atolondramiento.

El personal ferroviario también está amenazado: en el curso de importantes trabajos de transformación,



Fig. 13. Los guantes de cuero no protegen contra la tensión. La pinza no es aislante.

se trataban de instalar varios sistemas provisionales en un puesto de conexión secundario. Después de diversas conmutaciones, quedó liberada la zona de trabajo. Durante las operaciones, un montador de catenaria salió de la plataforma de trabajo para fijar un cable de acero sobre dos seccionadores del puesto secundario. Al hacerlo, tocó la barra colectora bajo tensión y sufrió una caída de ocho metros desde el andamio al suelo, quedando gravemente herido.

El análisis del accidente reveló que, al realizar las conmutaciones previas, no fue cortada la alimentación del puesto de acoplamiento y la barra colectora estaba aún bajo tensión. Ninguno de los montadores lo notó y además este hecho no estaba recogido en el procedimiento de conmutación.

Evaluación de la estadística global

Al igual que en años pasados, la estadística de accidentes debidos a la electricidad se presenta en un periodo 10 años. Aunque 2004 fuera muy importante, también es interesante considerar un período más largo.



Fig. 15. Por descuido, el operario intentaba reenganchar a mano la protección bajo una tensión de 16 kV

En 2004, la ya citada **ESTI** analizó un total de 100 accidentes. Entre ellos, 88 eran accidentes profesionales referenciados por la CFST/SUVA. Hubo seis accidentes no profesionales analizados y en otros seis casos se concluyó que la electricidad no fue la causa. A pesar del deber de informar sobre accidentes debidos a la electricidad, según el artículo 16 de la *Ordenanza de instalaciones con corriente elevada*, es raro que los acci-

dentos debidos a la electricidad en el ámbito no profesional sean declarados a menos que se trate de accidentes mortales. Como muestra la estadística global, el número de accidentes profesionales analizados está disminuyendo como en años anteriores.

De los tres accidentes profesionales mortales, uno fue debido a la AT y dos a la BT. En dos casos, la corriente circuló a través del cuerpo, y en el tercero hubo, además, un arco con llama. Entre los accidentes no profesionales murieron dos personas por circulación de la corriente a través del cuerpo. En total fallecieron cinco personas a causa de la electricidad.

Las estadísticas indican igualmente los sectores a los que pertenecían los accidentados. La tendencia es a la baja por los accidentes de electricistas y, por el contrario, en alza para el grupo "Industria y Artesanía". Es sorprendente constatar la frecuencia de los accidentes en los meses de estío. En los cuatro meses de verano (de junio a septiembre) hay tantos accidentes como en los ocho meses restantes.

El campo donde se produce el accidente es igualmente un factor interesante. Para los accidentes en las "Instalaciones de producción y distribución" la tendencia es al aumento, mientras es a la baja en las instalaciones ordinarias y constante para los consumidores. Los accidentes se reparten en los tres campos en cantidades sensiblemente iguales.

La gravedad de los accidentes (y por ello la tasa de heridas) ha aumentado. El número de fallecidos es constante y la peligrosidad de la corriente eléctrica respecto a la mortandad no ha cambiado. Cuando la electricidad es causa de un accidente, la mortandad es 40 veces mayor que en los otros accidentes.

El **Servicio de información de accidentes en los ferrocarriles y buques** del SG-DETEC registró nueve accidentes en 2004. En ocho de los casos hubo heridos graves y en uno daños materiales. Entre los ocho graves debemos citar dos lamentables

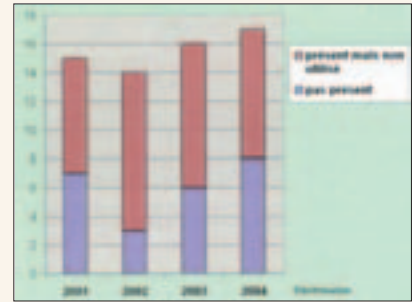


Fig. 14. Ligeramente aumento de accidentes por falta de empleo de protecciones

accidentes con jóvenes que se subieron a vagones de ferrocarril.

Conclusiones

Los arcos eléctricos están subestimados desde todos los puntos de vista. Se comienza por la valoración de la corriente en cortocircuito, pasando por la evaluación errónea de los fallos de operación y subestima de las consecuencias.

Hay menos respeto a la BT que a la AT. El 90% de los accidentes profesionales y el 70% de los accidentes profesionales con resultado de muerte, se producen en instalaciones de BT. Una tensión de 230 V es absolutamente capaz de provocar una corriente que ocasione un *shock* fatal.

Conocimiento, evaluación del riesgo, consciencia del riesgo

Para poder concluir un trabajo sin accidente, se deben cumplir tres condiciones importantes:

1. Conocer la electricidad, los medidas técnicas de protección así como los equipos técnicos de protección individual.

2. Evaluación del riesgo teniendo en cuenta las propiedades de la instalación, las condiciones del entorno y la competencia de los participantes.

3. Consciencia permanente del riesgo residual evaluado, que persiste durante todo el trabajo. Debe prestarse la mayor atención sobre todo al reanudar los trabajos después de las pausas.

En www.esti.ch puede encontrarse una estadística detallada y cifrada de los accidentes analizados

(Art. 72 OCF, art. 22 OIBT, Art. 6.2 EN 50110-1) ■

(Del Boletín VSE/AES)

(1) Fuente: Servicio de información sobre accidentes de ferrocarril y buques, SG-DETEC.