



COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

SUBDIRECCIÓN TÉCNICA

LABORATORIO DE PRUEBAS DE EQUIPOS Y MATERIALES
SALVADOR CISNEROS CHÁVEZ

LAPEM

ÁREA: DEPARTAMENTO ALTA TENSIÓN

REPORTE No. 1081 FOLIO.

SOLICITANTE:
COMPAÑIA APLICACIONES SILIDRIEL SA de CV.

TÍTULO:
EVALUACIÓN DE TÉCNICA Y EQUIPO DE LAVADO
EN VIVO, EN AISLAMIENTOS.

RESUMEN:

NORMA O DOCUMENTO APLICABLE: IEC-383-2 (1993-4), IEC- 60-1 (1989), DRAFT DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO IEC 71-2, PROCEDIMIENTO DE LAVADO DEL FABRICANTE.

MUESTRA PROBADA: Equipo para lavado en vivo sobre aislamientos.

PRUEBAS REALIZADAS: Prueba de tensión de aguante (60 Hz) 1 minuto.
Prueba de tensión de aguante al impulso de maniobra
Lavado en vivo y monitoreo de corriente de fuga (I,)

Documento Confidencial. Los resultados expresados en este reporte se refieren únicamente a la(s) muestra(s) probada(s).

FECHA 9 7 0 6 0 3	EXPOSICIÓN TP 1081	APROBADO: Ing. Felix Ornelas Villalobos JEFE DE OFICINA	Ing. Eric Barrera Villagómez JEFE DE DEPARTAMENTO
ELABORADO: Ing. Jaime Encinas Ríos			

AV. APASEO OTE. SIN
CD. INDUSTRIAL APDO
POSTAL 612 C.P. 36541
TELS.: (462) 7 27 27. FAX.
(462) 7 18 43
IRAPUATO, GTO.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACIÓN
ESCRITA DEL LAPEM

ELECTRICIDAD PARA EL PROGRESO DE MÉXICO

DESCARTES 60
COL. ANZURES
C.P. 11590
MÉXICO D.F.
TEL. (5) 531 10 64
FAX. (5) 531 11 73

3
DTO-402



LABORATORIO DE PRUEBAS DE EQUIPOS Y MATERIALES

SUBDIRECCIÓN TÉCNICA

LAPEM

DEPARTAMENTO ALTA TENSIÓN
OFICINA DE TRANSMISIÓN

REPORTE N° : I018
HOJA N° : 2 de 12

CONTENIDO

	Pa
ANTECEDENTES Y OBJETIVO	3
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	4
ACTIVIDADES Y PRUEBAS DIELECTRICAS	
LAVADO EN VIVO Y MONITOREO DE CORRIENTE DE FUGA	7 - 10
INSPECCIÓN	11
CONCLUSIONES	12
REPORTES DE PRUEBAS DIELECTRICAS	ANEXO



DEPARTAMENTO ALTA TENSIÓN
OFICINA DE TRANSMISIÓN

REPORTE N° : I018
HOJA N° : 3 de 12

RESULTADOS DE PRUEBAS DIELECTRICAS Y COMPORTAMIENTO DEL EQUIPO DE LAVADO EN LÍNEA VIVA.

1.- ANTECEDENTES

A solicitud de la compañía Aplicaciones Silidriel SA de CV; se realizaron una serie de pruebas en el laboratorio de transmisión del LAPEM, encaminadas a calificar el desarrollo de su técnica y equipo de lavado en vivo de aislamiento de suspensión de porcelana y vidrio contaminado en líneas de transmisión y subestaciones de hasta 115 kV; en lo que respecta a la seguridad del operador durante el lavado en vivo del aislamiento, así como la eficiencia y efectividad de la técnica.

2.- OBJETIVO

Verificar que la técnica y equipo de lavado en vivo, permite limpiar el aislamiento en forma segura, con un acabado razonable en un tiempo adecuado y sin daño apreciable sobre la superficie del aislamiento



DEPARTAMENTO ALTA TENSIÓN
OFICINA DE TRANSMISIÓN

REPORTE N° : I018
HOJA N° : 4 de 12

3.- DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

La figura 1 ilustra los elementos de que se compone el equipo. Se trata de un motor que activa una bomba de agua que permite alcanzar presiones de hasta 2,000 psi (141 kg/cm²). El agua es llevada por conductos dieléctricos hasta una tovera, colocada en el extremo de una pértiga dieléctrica. La pértiga está protegida con una manga antitracking, con un barniz hidrofóbico y faldones que incrementan la distancia de fuga e impiden que se moje con el agua que se salpica. La tovera está articulada en el extremo de la pértiga y puede ser girada en cualquier dirección, para alcanzar los intersticios del aislador.

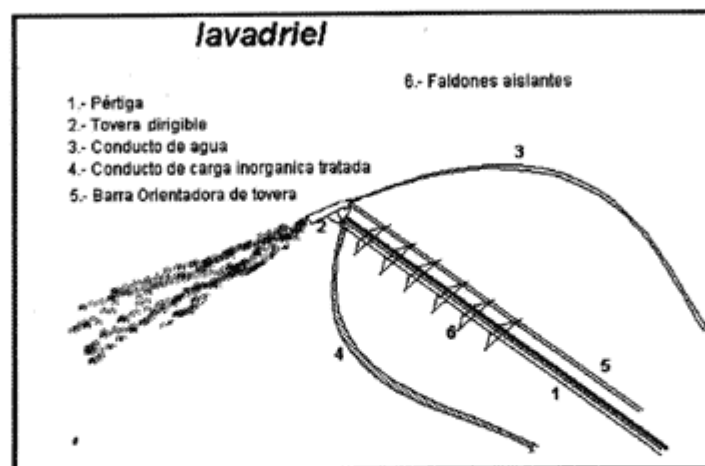


figura 1



DEPARTAMENTO ALTA TENSIÓN
OFICINA DE TRANSMISIÓN

REPORTE N° : I018
HOJA N° : 5 de 12

4.- ACTIVIDADES

Para calificar la técnica de lavado, así como al equipo se realizaron las siguientes actividades:

- Prueba de tensión de aguante 1 minuto (60 Hz) a equipo de lavado en vivo (pértiga y accesorios).
- Prueba de aguante al impulso de maniobra a equipo de lavado en vivo (pértiga y accesorios).
- Lavado en vivo y monitoreo de corriente de fuga I, en equipo de lavado (pértiga y accesorios).
- Inspección (eficiencia de lavado y acabado en la superficie aislante).

5.- PRUEBAS DIELECTRICAS

5.1 .- PRUEBA DE TENSIÓN DE AGUANTE (60 Hz.

La prueba se realizó a una tensión de 230 kV (60 Hz.) durante 1 minuto; el valor de prueba se aplicó a una configuración de cadena vertical en paralelo con la pértiga de trabajo (equipo de lavado) lanzando un chorro de agua desmineralizada sobre el conductor, la configuración se muestra en fotografías 1, se anexa reporte de prueba.

5.2 .- PRUEBA DE AGUANTE AL IMPULSO DE MANIOBRA

La prueba se realizó a una tensión de 423 kV corregida a condiciones atmosféricas, quedando un valor de prueba de 363 kV, aplicando 15 impulsos positivos y 15 impulsos negativos a una configuración de cadena vertical en paralelo con la pértiga de trabajo (equipo de lavado) lanzando un chorro de agua desmineralizada sobre el conductor, la configuración se muestra en fotografías 1, se anexa reporte de prueba.

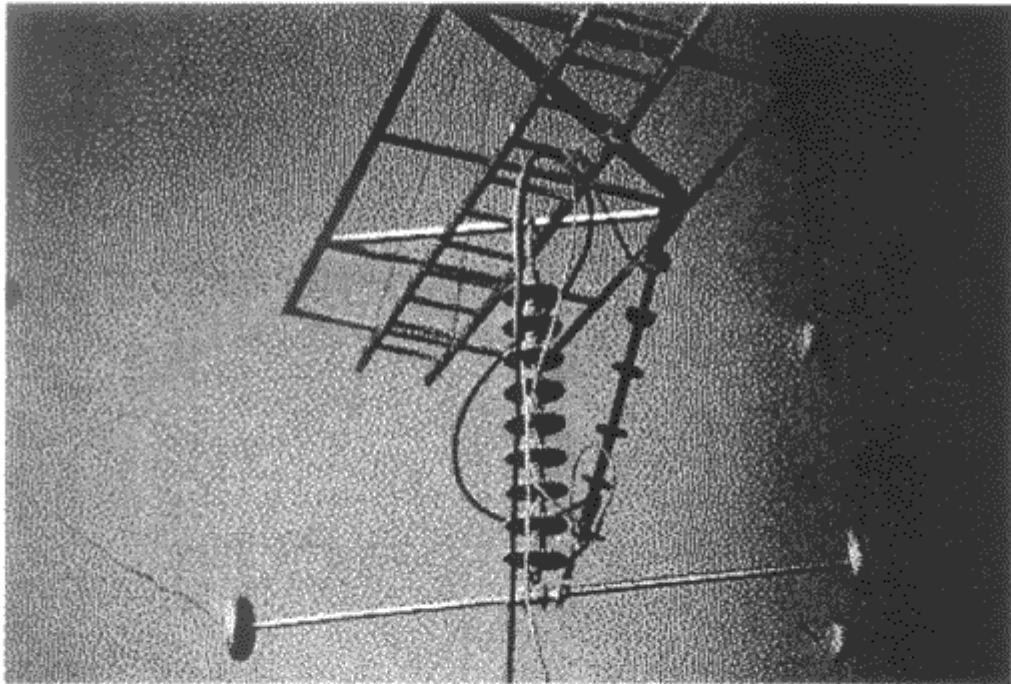
El valor de prueba resulto de aplicar un factor de conversión de 1,3; el cual se selecciono de la sección 5, cláusula 5.2, tabla 5.1 del draft de coordinación de aislamiento IEC - 71-2 .



DEPARTAMENTO ALTA TENSIÓN
OFICINA DE TRANSMISIÓN

REPORTE N° : I018
HOJA N° : 6 de 12

CONFIGURACIÓN UTILIZADA DURANTE LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DIELECTRICAS



fotografía 1



DEPARTAMENTO ALTA TENSIÓN
OFICINA DE TRANSMISIÓN

REPORTE N° : I018
HOJA N° : 7 de 12

6.- LAVADO EN VIVO Y MONITOREO DE CORRIENTE DE FUGA (I_f).

El lavado en vivo se llevó a cabo sobre una cadena de nueve (9) aisladores tipo normal de vidrio en configuración vertical, ver fotografía 2, contaminados con cemento adherido a su superficie fuertemente y suspendida a una altura de 5 metros.

El lavado se efectuó a una tensión de 71 kV (tensión de operación máxima fase - tierra , de un sistema de 123 kV) comenzando desde el aislador inferior cercano al conductor hacia la estructura. La secuencia de lavado que se llevo a cabo es parte del procedimiento normalizado, pues se considera que para esta configuración lo más adecuado es empezar la limpieza de los aisladores cercanos al conductor, y con esto evitar el flujo de corriente de fuga sobre la cadena en lo más posible, ya que es la parte más crítica durante el lavado.

El monitoreo de la corriente de fuga (I_f) se llevo a cabo durante el lavado de los cuatro primeros aisladores, de abajo hacia arriba; a través de la pértiga, a través de la manguera suministradora de agua desmineralizada y a través de la cadena contaminada; las corrientes de fuga registradas se muestran en la siguiente tabla .

MEDICIÓN DE CORRIENTE DE FUGA (I_f)

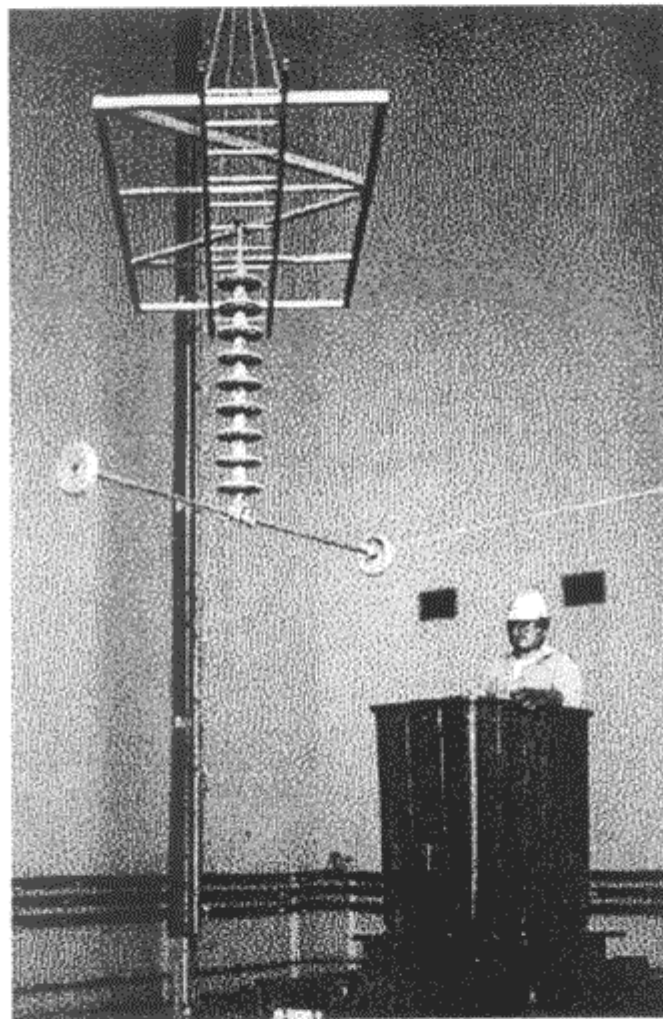
TIEMPO DE MONITOREO (minutos)	PÉRTIGA			MANGUERA			CADENA AISLADORA		
	LECTURA (mV)	SHUNT (Ω)	I_f (μ A)	LECTURA (mV)	SHUNT (Ω)	I_f (μ A)	LECTURA (mV)	SHUNT (Ω)	I_f (μ A)
15	0,3 - 4,2	12,4	24 - 339	0,2 - 0,5	4,2	48 - 119	0	2	0



DEPARTAMENTO ALTA TENSIÓN
OFICINA DE TRANSMISIÓN

REPORTE N° : I018
HOJA N° : 8 de 12

CONFIGURACIÓN UTILIZADA DURANTE LA REALIZACIÓN DEL LAVADO EN VIVO



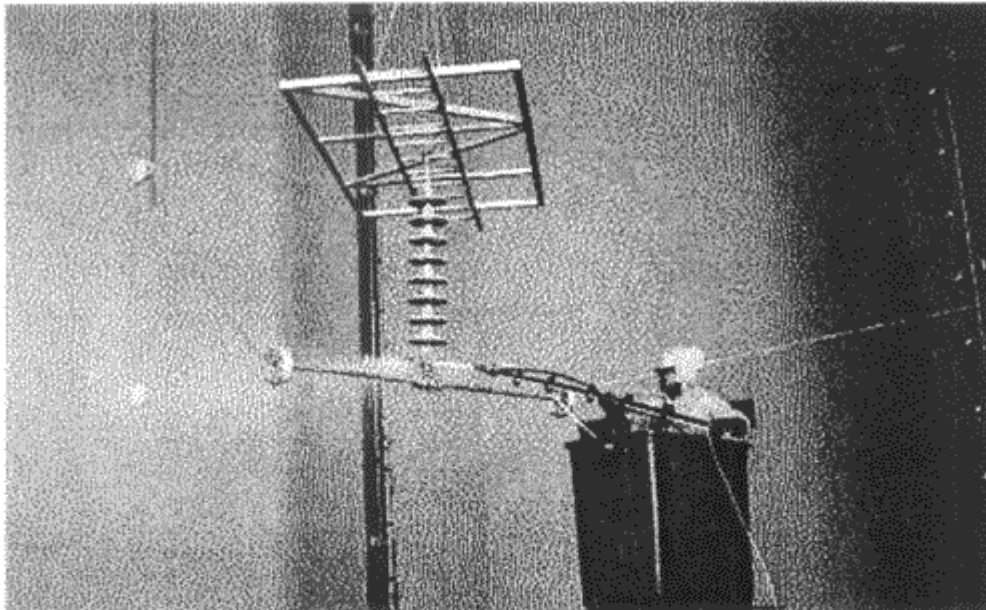
fotografía 2



DEPARTAMENTO ALTA TENSIÓN
OFICINA DE TRANSMISIÓN

REPORTE N° : I018
HOJA N° : 9 de 12

Durante el lavado se utilizó un equipo de hidrolavado con presión de 1000 psi, con un gasto de 15 lt/min. de agua desmineralizada y conductividad de $2,9 \mu\text{s} / \text{cm}$ ($344,8 \text{ K}\Omega - \text{cm}$). El operador, usualmente flotando o aislado, sostiene la pértiga con guantes dieléctricos y acerca la tovera hasta unos 5 a 10 cms de la superficie del aislador, e inclusive a veces a 3 o 4 cms del mismo conductor de alta tensión, rotándola según necesita para dirigir el chorro exactamente al punto que quiere lavar, ver fotografía 3.



fotografía 3



DEPARTAMENTO ALTA TENSIÓN
OFICINA DE TRANSMISIÓN

REPORTE N° : I018
HOJA N° : 10 de 12

El agua desmineralizada que utiliza el fabricante la obtiene con un equipo portátil que transporta en sus vehículos y que se conecta con anterioridad a una toma de agua ordinaria, en el sitio donde se va a lavar el aislamiento. Durante la noche se trata el agua necesaria y se almacena en recipientes de plástico para los trabajos del día siguiente. Antes de su uso, se mide la conductividad del agua para asegurar que tiene valores adecuados para la tensión a la que se va a trabajar.

Al chorro de agua desmineralizada se incorpora carga inorgánica blanda, recubierta superficialmente a nivel microscópico, con una capa plástica que hace tres funciones:

- 1.- permite el flujo ininterrumpido de la carga aún en ambientes muy húmedos.
- 2.- evita el rayado del aislamiento.
- 3.- deja sobre el aislamiento una cubierta microscópica plástica repelente al agua, que evita el arco al tiempo de estar lavando el aislamiento.

El proceso de recubrir la carga se hace en un laboratorio y ésta llega al sitio ya tratada en recipientes donde se mantiene seca.

La corriente de fuga a través de la pértiga es monitoreada permanentemente, además el sistema se desconecta automáticamente cuando ésta llega a 8 miliamps.

Un operador lava el aislador, otro cuida sus maniobras para evitar el acercamiento innecesario a partes vivas y abre o cierra el flujo de líquido. Un tercero vigila los suministros y la corriente de fuga dando aviso para suspender las maniobras cuando ésta se acerque a 1 miliampere.

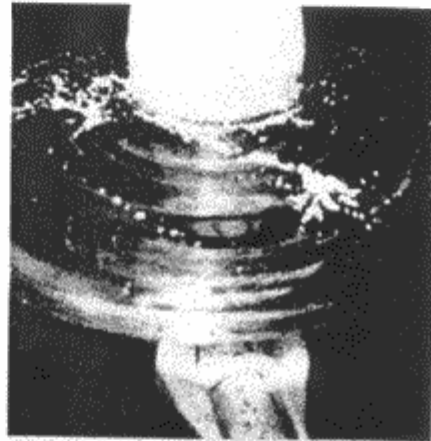
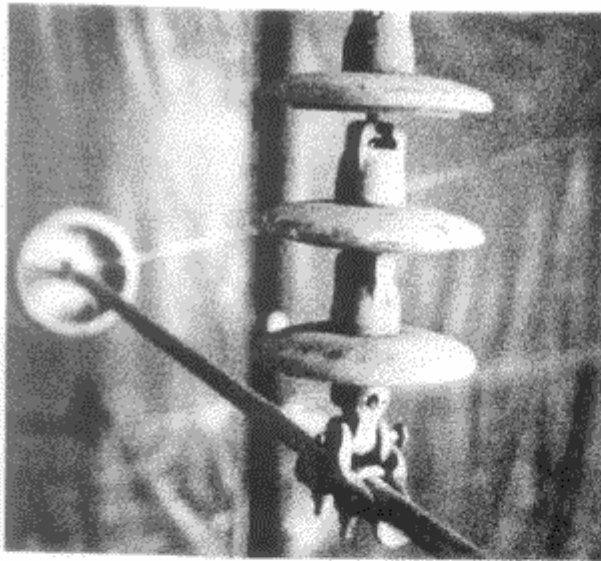


DEPARTAMENTO ALTA TENSIÓN
OFICINA DE TRANSMISIÓN

REPORTE N° : IO18
HOJA N° : 11 de 12

7.- INSPECCIÓN

El lavado se realizó en forma continua sobre la cadena aislante, obteniéndose un tiempo de 45 minutos efectivos de trabajo, dando un acabado satisfactorio, quedando la superficie limpia y sin señales de daño al vidrio por rayado o abrasión, ver fotografías 4 y 5 .



fotografía 4 y 5 (cadena contaminada antes y después de lavada)



DEPARTAMENTO ALTA TENSIÓN
OFICINA DE TRANSMISIÓN

REPORTE N° : I018
HOJA N° : 12 de 12

8.- CONCLUSIONES

- 1.- El equipo de lavado (pértiga y accesorios) soportó satisfactoriamente las pruebas dieléctricas de tensión de aguante (60 Hz) y tensión de aguante al impulso de maniobra.
- 2.- La corriente de fuga (I_f) durante el tiempo de lavado en vivo fue menor de 2mA; como marcan los límites de seguridad establecidos para otras técnicas de lavado.
- 3.- El acabado del lavado es satisfactorio, dejando limpia y sin daño apreciable la superficie trabajada.
- 4.- Se recomienda cuidar los detalles de monitorear permanentemente las corrientes de fuga y verificar la resistencia de la pértiga y de las mangueras antes del inicio de un lavado y con frecuencia durante el lavado.
- 5.- Se recomienda que esta técnica sea utilizada únicamente por personal bien entrenado y evaluado, bajo la supervisión directa de otras gentes que tengan el conocimiento adecuado de alta tensión y de medidas de seguridad.



LABORATORIO DE PRUEBAS DE EQUIPOS Y MATERIALES

SUBDIRECCIÓN TÉCNICA

LAPEM

DEPARTAMENTO ALTA TENSIÓN
OFICINA DE TRANSMISIÓN

REPORTE N° : I018
HOJA N° : 1 de 1

PRUEBA DE TENSIÓN DE AGUANTE, 60 Hz., EN SECO

Equipo probado: Equipo de lavado en vivo (lavadriel)

Solicitante: Compañía de aplicaciones SILIDRIEL S.A de C.V

Norma o documento aplicable: IEC - 60-1(1989) e IEC - 383-2 (1993-4)

Probó: ing. Jaime Encinas R.

Fecha de prueba: 97 03 20

Testigo: Dr. Rafael Mier. (SILIDRIEL)

Condiciones atmosféricas: b: 83 kpa

t: 24 °C.

h: 10,3 g/m³.

Factor de corrección (kr) : no aplicó

Tensión de prueba: 230 kV.

Tensión de prueba aplicada: 230 kV , durante: 60 seg. a 1710 msnm.

Resultado de la prueba: **AGUANTÓ SATISFACTORIAMENTE**

DEPARTAMENTO ALTA TENSIÓN
OFICINA TRANSMISIÓN

Reporte No :
Hoja : de

RESULTADOS DE PRUEBA

TENSIÓN DE AGUANTE AL IMPULSO DE MANIOBRA

Muestra probada: Equipo de lavado en vivo (LAVADRIEL).
Fabricante: Compañía Aplicaciones SILIDRIEL S.A. de C.V.
Solicitante: Compañía Aplicaciones SILIDRIEL S.A. de C.V.
Norma aplicable: IEC 60-1 (1989) e IEC 383-2 (1993-04).
Probó: Juan Carlos Martínez M.

Marca: SILIDRIEL.

Revisó: Ing Eric Bolivar Villagómez.

Fecha de prueba: 97/03/31.

Muestra No.	Forma de onda (µs/µs)	Pol.	Oscil. No.	U _{AS} (kV)	b (kPa)	t (°C)	h (gr/m ³)	k ₁	k ₂	U _{AP} (kV)	No. de impulsos	Observaciones
----		POS	1-15	423	82,8	23,7	10,8	0,8604	-----	363	15	No hubo flameos
----		NEG	16-30	423	82,8	23,7	10,8	0,8604	-----	365	15	No hubo flameos

U_{AS} = Tensión de aguante especificada.

U_{AP} = Tensión aplicada durante la prueba.

TESTIGOS: Dr. Rafael Mier. (SILIDRIEL)