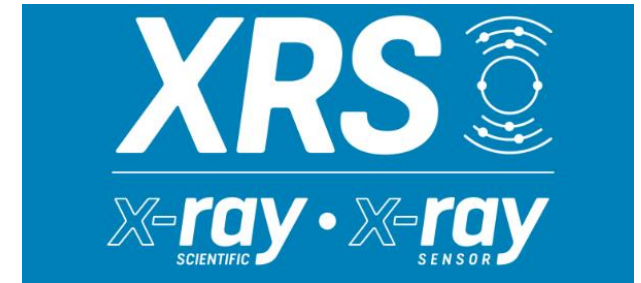


Análisis por fluorescencia de rayos X (XRF) en tiempo real para la optimización de procesos galvánicos

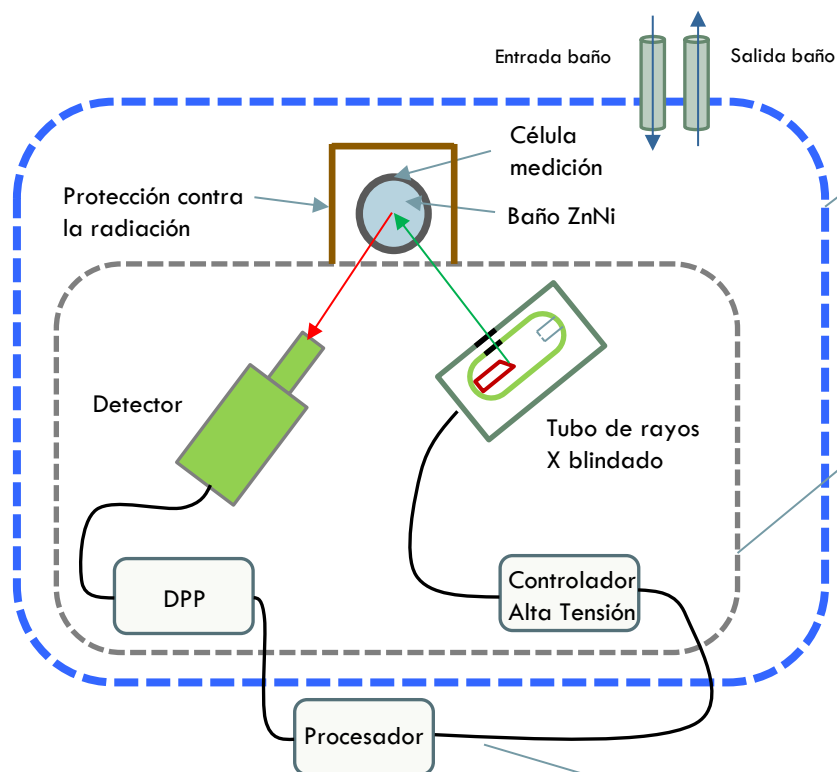
Analizador de soluciones en línea MasterXRF®



**Control, completamente automatizado,
de baños galvánicos**

- En la industria galvánica se debe controlar constantemente la concentración de metales en los baños. Hacerlo manualmente es lento, impreciso y caro
- Un analizador de soluciones en línea realiza un monitoreo continuo, en tiempo real y sin intervención humana de la concentración de metales
- Algunos ejemplos: baños alcalinos o ácidos de ZnNi, pasivados de Cr, así como baños de Cr, Ni, Cu, Zn, Pd, Ag, Sn y Au entre otros
- Se pueden medir secuencialmente hasta cuatro líneas de recubrimiento con la opción de configurar programas de medición individuales para cada línea

Analizador de soluciones en línea Master XRF®



Instrumento

- Utiliza un armario estándar
- Tubos flexibles mediante conexiones estándar (1/4")

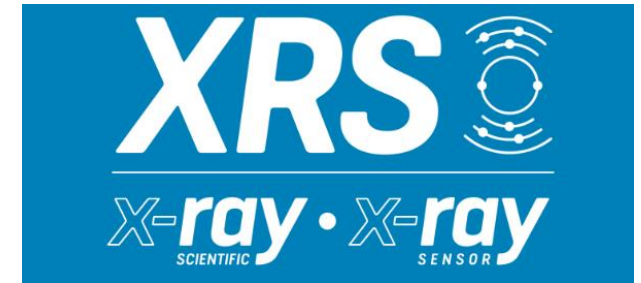
Cabezal medidor

- Detector SDD que incluye la electrónica del sistema
- Fuente de rayos X de baja potencia que incluye la generación de Alta Tensión
- Geometría de medición patentada y optimizada para el análisis de soluciones en línea utilizando un tubo de PTFE especial como célula de medición
- Equipo homologado con aprobación de tipo

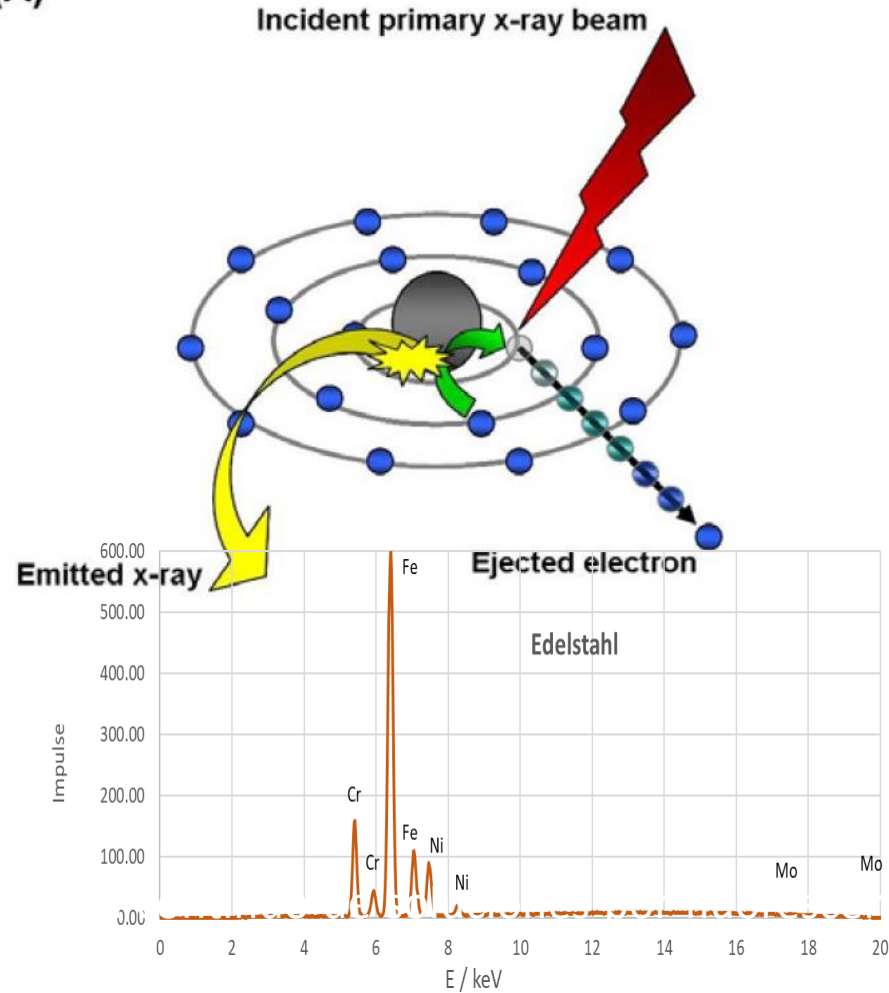
Procesador

- Ordenador con Linux y programa de análisis XRS

Conceptos básicos de la fluorescencia de rayos X



(A)



Un haz primario de rayos X excita los átomos metálicos de la solución

Emisión de la radiación de fluorescencia característica de los átomos excitados

Detección de la radiación de fluorescencia y evaluación del espectro

Conceptos básicos de la fluorescencia de rayos X



IA

1

1,00794

H

Wasserstoff

IIA

2

4,0026

He

Helium

IIIA

3

6,941

Li

Lithium

IVA

4

9,0122

Be

Beryllium

VA

5

23,003

B

Bor

VIA

6

12,011

C

Kohlenstoff

VIIA

7

14,007

N

Stickstoff

VIIIA

8

16,005

O

Sauerstoff

VIIIA

9

18,998

F

Fluor

VIIIA

10

20,180

Ne

Neon

VIIIA

11

22,990

Na

Natrium

VIIIA

12

24,305

Mg

Magnesium

VIIIA

13

26,982

Al

Aluminium

VIIIA

14

28,086

Si

Silizium

VIIIA

15

30,974

P

Phosphor

VIIIA

16

32,065

S

Schwefel

VIIIA

17

35,453

Cl

Chlor

VIIIA

18

39,948

Ar

Argon

VIIIA

19

39,098

K

Kalium

VIIIA

20

40,078

Ca

Calcium

VIIIA

21

44,956

Sc

Scandium

VIIIA

22

47,867

Ti

Titan

VIIIA

23

50,942

V

Vanadium

VIIIA

24

51,996

Cr

Chrom

VIIIA

25

54,938

Mn

Mangan

VIIIA

26

55,845

Fe

Eisen

VIIIA

27

58,933

Co

Cobalt

VIIIA

28

58,693

Ni

Nickel

VIIIA

29

63,546

Cu

Kupfer

VIIIA

30

65,39

Zn

Zink

VIIIA

31

69,723

Ga

Gallium

VIIIA

32

72,64

Ge

Germanium

VIIIA

33

74,922

As

Arsen

VIIIA

34

78,96

Se

Selen

VIIIA

35

79,904

Br

Brom

VIIIA

36

83,80

Kr

Krypton

VIIIA

37

85,468

Rb

Rubidium

VIIIA

38

87,62

Sr

Strontium

VIIIA

39

89,904

Y

Yttrium

VIIIA

40

90,924

Zr

Zirkon

VIIIA

41

91,224

Nb

Niob

VIIIA

42

95,94

Mo

Molybdän

VIIIA

43

97,905

Tc

Technetium

VIIIA

44

101,07

Ru

Ruthenium

VIIIA

45

106,42

Rh

Rhodium

VIIIA

46

106,90

Pd

Palladium

VIIIA

47

107,87

Ag

Silber

VIIIA

48

127,40

Cd

Cadmium

VIIIA

49

126,91

In

Indium

VIIIA

50

127,76

Sn

Zinn

VIIIA

51

127,60

Sb

Antimon

VIIIA

52

127,40

Te

Tellur

VIIIA

53

127,60

I

Jod

VIIIA

54

131,30

Xe

Xenon

VIIIA

55

132,91

Cs

Cäsium

VIIIA

56

137,33

Ba

Baryum

VIIIA

57

172

Hf

Hafnium

VIIIA

58

178,49

Ta

Tantal

VIIIA

59

180,95

W

Wolfram

VIIIA

60

183,84

Re

Rhenium

VIIIA

61

186,21

Os

Osmium

VIIIA

62

190,23

Ir

Iridium

VIIIA

63

192,22

Pt

Platin

VIIIA

64

196,97

Au

Gold

VIIIA

65

200,59

Hg

Quecksilber

VIIIA

66

204,38

Tl

Thallium

VIIIA

67

208,98

Pb

Blei

VIIIA

68

209

Bi

Bismut

VIIIA

69

209

Po

Polonium

VIIIA

70

210

At

Astat

VIIIA

71

210

Rn

Radon

VIIIA

72

223

Fr

Francium

VIIIA

73

226

Ra

Radium

VIIIA

74

261

Rf

Rutherfordium

VIIIA

75

262

Db

Dubnium

VIIIA

76

267

Sg

Seaborgium

VIIIA

77

268

Bh

Bohrium

VIIIA

78

271

Hs

Hassium

VIIIA

79

276

Mt

Meitnerium

VIIIA

80

281

Ds

Darmstadtium

VIIIA

81

285

Rg

Roentgenium

VIIIA

82

289

Cn

Copernicium

VIIIA

83

293

Uut

Ununtrium

VIIIA

84

297

Uuq

Ununquadium

VIIIA

85

301

Uup

Ununpentium

VIIIA

86

303

Uuh

Ununhexium

VIIIA

87

307

Uus

Ununseptium

VIIIA

88

310

Uuo

Ununoctium

IIIB

21

44,956

Sc

Scandium

IVB

22

47,867

Ti

Titan

VB

23

50,942

V

Vanadium

VIB

24

51,996

Cr

Chrom

VIB

25

54,938

Mn

Mangan

VIB

26

55,845

Fe

Eisen

VIB

27

58,933

Co

Cobalt

VIB

28

58,693

Ni

Nickel

VIB

29

63,546

Cu

Kupfer

VIB

30

65,39

Zn

Zink

VIB

31

69,723

Ga

Gallium

VIB

32

72,64

Ge

Germanium

VIB

33

74,922

As

Arsen

VIB

34

78,96

Se

Selen

VIB

35

79,904

Br

Brom

VIB

36

83,80

Kr

Krypton

VIB

37

85,468

Rb

Rubidium

VIB

38

87,62

Sr

Strontium

VIB

39

89,904

Y

Yttrium

VIB

40

90,924

Zr

Zirkon

VIB

41

91,224

Nb

Niob

VIB

42

95,94

Mo

Molybdän

VIB

43

97,905

Tc

Technetium

VIB

44

101,07

Ru

Ruthenium

VIB

45

106,42

Rh

Rhodium

VIB

46

106,90

Pd

Palladium

VIB

47

107,87

Ag

Silber

VIB

48

127,40

Cd

Cadmium

VIB

49

126,91

In

Indium

VIB

50

127,76

Sn

Zinn

VIB

51

127,60

Sb

Antimon

VIB

52

127,40

Te

Tellur

VIB

53

127,60

I

Jod

VIB

54

131,30

Xe

Xenon

VIB

55

132,91

Cs

Cäsium

VIB

56

137,33

Ba

Baryum

VIB

57

172

Hf

Hafnium

VIB

58

178,49

Ta

Tantal

VIB

59

180,95

W

Wolfram

VIB

60

183,84

Re

Rhenium

VIB

61

186,21

Os

Osmium

VIB

62

190,23

Ir

Iridium

VIB

63

192,22

Pt

Platin

VIB

64

196,97

Au

Gold

VIB

65

200,59

Hg

Quecksilber

VIB

66

204,38

Tl

Thallium

VIB

67

208,98

Pb

Blei

VIB

68

209

Bi

Bismut

VIB

69

209

Po

Polonium

VIB

70

210

At

Astat

VIB

71

210

Rn

Radon

VIB

72

223

Fr

Francium

VIB

73

226

Ra

Radium

VIB

74

261

Rf

Rutherfordium

VIB

75

262

Db

Dubnium

VIB

76

267

Sg

Seaborgium

VIB

77

268

Bh

Bohrium

VIB

78

271

Hs

Hassium

VIB

79

276

Mt

Meitnerium

VIB

80

281

Ds

Darmstadtium

VIB

81

285

Rg

Roentgenium

VIB

82

289

Cn

Copernicium

VIB

83

293

Uut

Ununtrium

VIB

84

297

Uuq

Ununquadium

VIB

85

301

Uup

Ununpentium

VIB

86

303

Uuh

Ununhexium

VIB

87

307

Uus

Ununseptium

VIB

88

310

Uuo

Ununoctium

VIIIB

26

55,845

Fe

Eisen

VIIIB

27

58,933

Co

Cobalt

VIIIB

28

58,693

Ni

Nickel

VIIIB

29

63,546

Cu

Kupfer

VIIIB

30

65,39

Zn

Zink

VIIIB

31

69,723

Ga

Gallium

VIIIB

32

72,64

Ge

Germanium

VIIIB

33

74,922

As

Arsen

VIIIB

34

78,96

Se

Selen

VIIIB

35

79,904

Br

Brom

VIIIB

36

83,80

Kr

Krypton

VIIIB

37

85,468

Rb

Rubidium

VIIIB

38

87,62

Sr

Strontium

VIIIB

39

89,904

Y

Yttrium

VIIIB

40

90,924

Zr

Zirkon

VIIIB

41

91,224

Nb

Niob

VIIIB

42

95,94

Mo

Molybdän

VIIIB

43

97,905

Tc

Technetium

VIIIB

44

101,07

Ru

Ruthenium

VIIIB

45

106,42

Rh

Rhodium

VIIIB

46

106,90

Pd

Palladium

VIIIB

47

107,87

Ag

Silber

VIIIB

48

127,40

Cd

Cadmium

VIIIB

49

126,91

In

Indium

VIIIB

50

127,76

Sn

Zinn

VIIIB

51

127,60

Sb

Antimon

VIIIB

52

127,40

Te

Tellur

VIIIB

53

127,60

I

Jod

VIIIB

54

131,30

Xe

Xenon

VIIIB

55

132,91

Cs

Cäsium

VIIIB

56

137,33

Ba

Baryum

VIIIB

57

172

Hf

Hafnium

VIIIB

58

178,49

Ta

Tantal

VIIIB

59

180,95

W

Wolfram

VIIIB

60

183,84

Re

Rhenium

VIIIB

61

186,21

Os

Osmium

VIIIB

62

190,23

Ir

Iridium

VIIIB

63

192,22

Pt

Platin

VIIIB

64

196,97

Au

Gold

VIIIB

65

200,59

Hg

Quecksilber

VIIIB

66

204,38

Tl

Thallium

VIIIB

67

208,98

Pb

Blei

VIIIB

68

209

Bi

Bismut

VIIIB

69

209

Po

Polonium

VIIIB

70

210

At

Astat

VIIIB

71

210

Rn

Radon

VIIIB

72

223

Fr

Francium

VIIIB

73

226

Ra

Radium

VIIIB

74

261

Rf

Rutherfordium

VIIIB

75

262

Db

Dubnium

VIIIB

76

267

Sg

Seaborgium

VIIIB

77

268

Bh

Bohrium

VIIIB

78

271

Hs

Hassium

VIIIB

79

276

Mt

Meitnerium

VIIIB

80

281

Ds

Darmstadtium

VIIIB

81

285

Rg

Roentgenium

VIIIB

82

289

Cn

Copernicium

VIIIB

83

293

Uut

Ununtrium

VIIIB

84

297

Uuq

Ununquadium

VIIIB

85

301

Uup

Ununpentium

VIIIB

86

303

Uuh

Ununhexium

VIIIB

87

307

Uus

Ununseptium

VIIIB

88

310

Uuo

Ununoctium

VIIIA

1

1,00794

H

Wasserstoff

VIIIA

2

4,0026

He

Helium

VIIIA

3

6,941

Li

Lithium

VIIIA

4

9,0122

Be

Beryllium

VIIIA

5

23,003

B

Bor

VIIIA

6

12,011

C

Kohlenstoff

VIIIA

7

14,007

N

Stickstoff

VIIIA

8

16,005

O

Sauerstoff

VIIIA

9

18,998

F

Fluor

VIIIA

10

20,180

Ne

Neon

VIIIA

11

22,990

Na

Natrium

VIIIA

12

24,305

Mg

Magnesium

VIIIA

13

26,982

Al

Aluminium

VIIIA

14

28,086

Si

Silizium

VIIIA

15

30,974

P

Phosphor

VIIIA

16

32,065

S

Schwefel

VIIIA

17

35,453

Cl

Chlor

VIIIA

18

39,948

Ar

Argon

VIIIA

19

39,098

K

Kalium

VIIIA

20

40,078

Ca

Calcium

VIIIA

21

44,956

Sc

Scandium

VIIIA

22

47,867

Ti

Titan

VIIIA

23

50,942

V

Vanadium

VIIIA

24

51,996

Cr

Chrom

VIIIA

25

54,938

Mn

Mangan

VIIIA

26

55,845

Fe

Eisen

VIIIA

27

58,933

Co

Cobalt

VIIIA

28

58,693

Ni

Nickel

VIIIA

29

63,546

Cu

Kupfer

VIIIA

30

65,39

Zn

Zink

VIIIA

31

69,723

Ga

Gallium

VIIIA

32

72,64

Ge

Germanium

VIIIA

33

74,922

As

Arsen

VIIIA

34

78,96

Se

Selen

VIIIA

35

79,904

Br

Brom

VIIIA

36

83,80

Kr

Krypton

VIIIA

37

85,468

Rb

Rubidium

VIIIA

38

87,62

Sr

Strontium

VIIIA

39

89,904

Y

Yttrium

VIIIA

40

90,924

Zr

Zirkon

VIIIA

41

91,224

Nb

Niob

VIIIA

42

95,94

Mo

Molybdän

VIIIA

43

97,905

Tc

Technetium

VIIIA

44

101,07

Ru

Ruthenium

VIIIA

45

106,42

Rh

Rhodium

VIIIA

46

106,90

Pd

Palladium

VIIIA

47

107,87

Ag

Silber

VIIIA

48

127,40

Cd

Cadmium

VIIIA

49

126,91

In

Indium

VIIIA

50

127,76

Sn

Zinn

VIIIA

51

127,60

Sb

Antimon

VIIIA

52

127,40

Te

Tellur

VIIIA

53

127,60

I

Jod

VIIIA

54

131,30

Xe

Xenon

VIIIA

55

132,91

Cs

Cäsium

VIIIA

56

137,33

Ba

Baryum

VIIIA

57

172

Hf

Hafnium

VIIIA

58

178,49

Ta

Tantal

VIIIA

59

180,95

W

Wolfram

VIIIA

60

183,84

Re

Rhenium

VIIIA

61

186,21

Os

Osmium

VIIIA

62

190,23

Ir

Iridium

VIIIA

63

192,22

Pt

Platin

VIIIA

64

196,97

Au

Gold

VIIIA

65

200,59

Hg

Quecksilber

VIIIA

66

204,38

Tl

Thallium

VIIIA

67

208,98

Pb

Blei

VIIIA

68

209

Bi

Bismut

VIIIA

69

209

Po

Polonium

VIIIA

70

210

At

Astat

VIIIA

71

210

Rn

Radon

VIIIA

72

223

Fr

Francium

VIIIA

73

226

Ra

Radium

VIIIA

74

261

Rf

Rutherfordium

VIIIA

75

262

Db

Dubnium

VIIIA

76

267

Sg

Seaborgium

VIIIA

77

268

Bh

Bohrium

VIIIA

78

271

Hs

Hassium

VIIIA

79

276

Mt

Meitnerium

VIIIA

80

281

Ds

Darmstadtium

VIIIA

81

285

Rg

Roentgenium

VIIIA

82

289

Cn

Copernicium

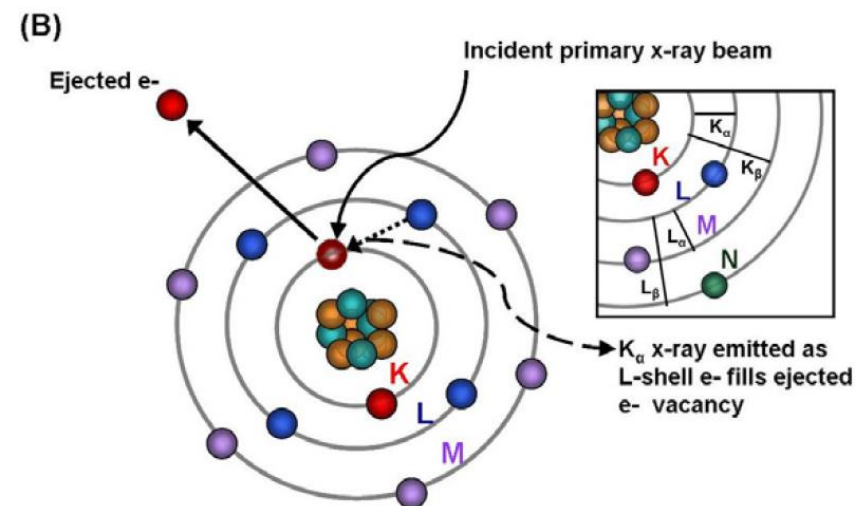
VIIIA

83

293</

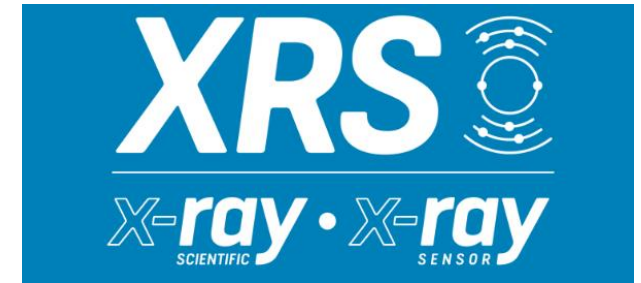
Cada elemento se caracteriza por su número atómico y su configuración electrónica.

Rango de elementos en condiciones estándar:
Cl (17) hasta U (72).

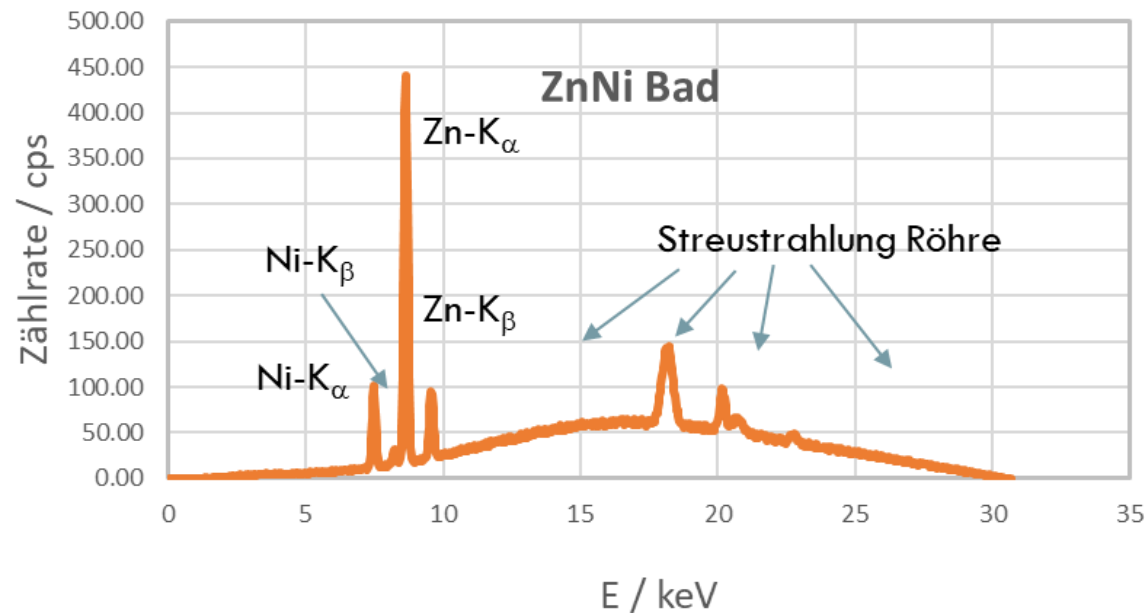


La posición y la intensidad de las líneas de fluorescencia permiten la identificación y la cuantificación de los elementos correspondientes.

Concepto de análisis de soluciones en línea

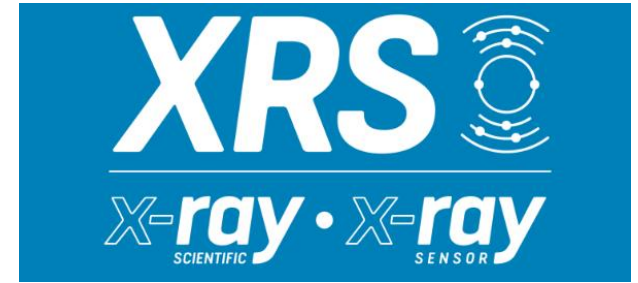


Messspektrum



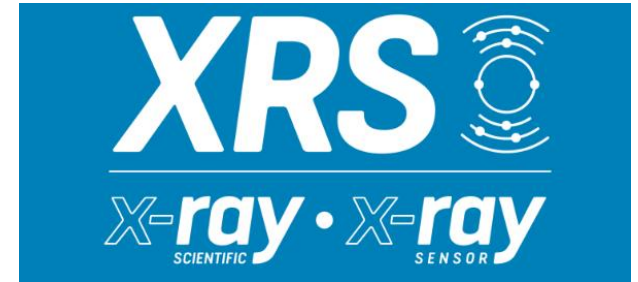
- Las concentraciones típicas de un baño de Zn y Ni generan picos claramente visibles para la cuantificación
- El espectro de dispersión también se puede utilizar para extraer información adicional acerca de la solución
- Calibración y cuantificación sencillas con el programa XRS

Ventajas del analizador de soluciones Master XRF®



- Medición precisa y simultánea de las concentraciones de metales en un mismo baño
- Célula de medición de PTFE libre de mantenimiento
- Instrumento simple y robusto, diseñado para entornos de producción
- Se pueden medir secuencialmente hasta cuatro líneas de recubrimiento separadas
- El software de control permite mediciones totalmente automatizadas con integración en redes y controles ya existentes

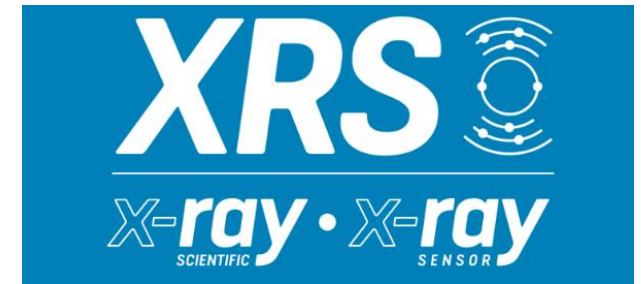
Ventajas del analizador de soluciones Master XRF®



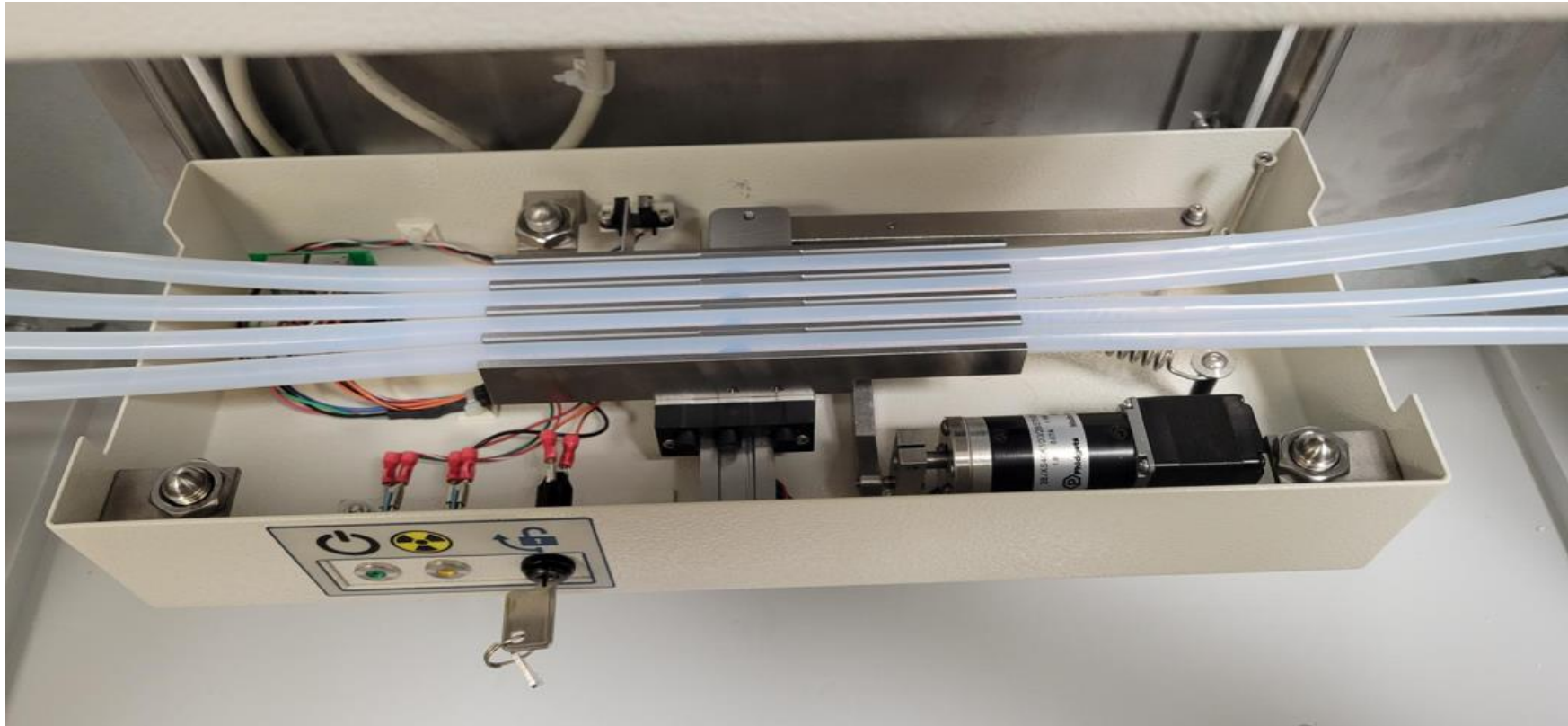
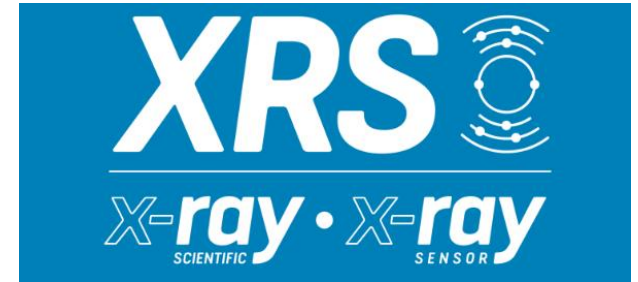
Comparado con otros sistemas analíticos, el Master XRF® es el instrumento ideal para el control de procesos industriales, mejorando la calidad del producto y con un ahorro económico inmediato.

Con una integración perfecta en procesos de producción, el instrumento presenta verdaderas capacidades para adaptarse a la Industria 4.0.

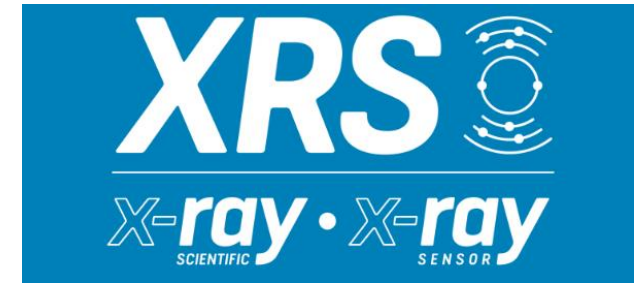
Ejemplos de algunas de nuestras instalaciones



Células de medición de PTFE del Master XRF®



Programa de análisis con interfaz de usuario intuitiva



XRF Bath Analyzer (v145)

Measure | Chart | Table | Pump | Limits | Program | Calibrate | Service | Spectrum

☐ X-ray ☒ ●

Port: port1 Application: ZnNi-Solution

Sample ID: Set

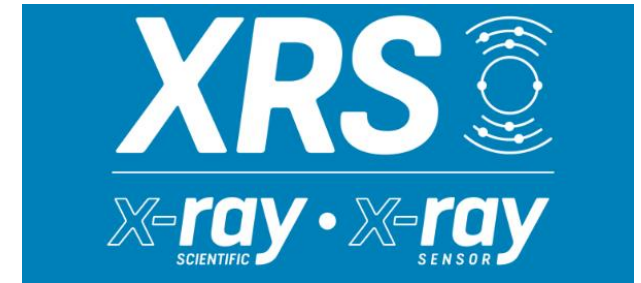
8.56	1.65
Zn [g/l]	Ni [g/l]

Scan [sec] 60 Delay [min] 19 Scans [#] 99 ☒ continuous Start

kV: 0.0 uA: 0.0 Scanning paused.

Análisis en continuo de soluciones por fluorescencia de rayos X

Calibración con un solo botón



Measure Chart Table Pump Limits Program **Calibrate** Service Spectrum

☐ X-ray ☒ Port: port1 Application: ZnNi-Solution

Single Standard Calibration:

Edit StdCalibInput.csv

Scan [sec] 60 Start

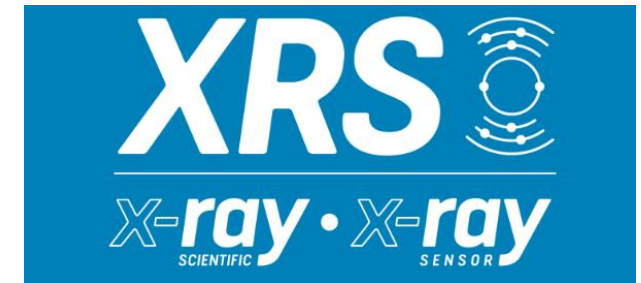
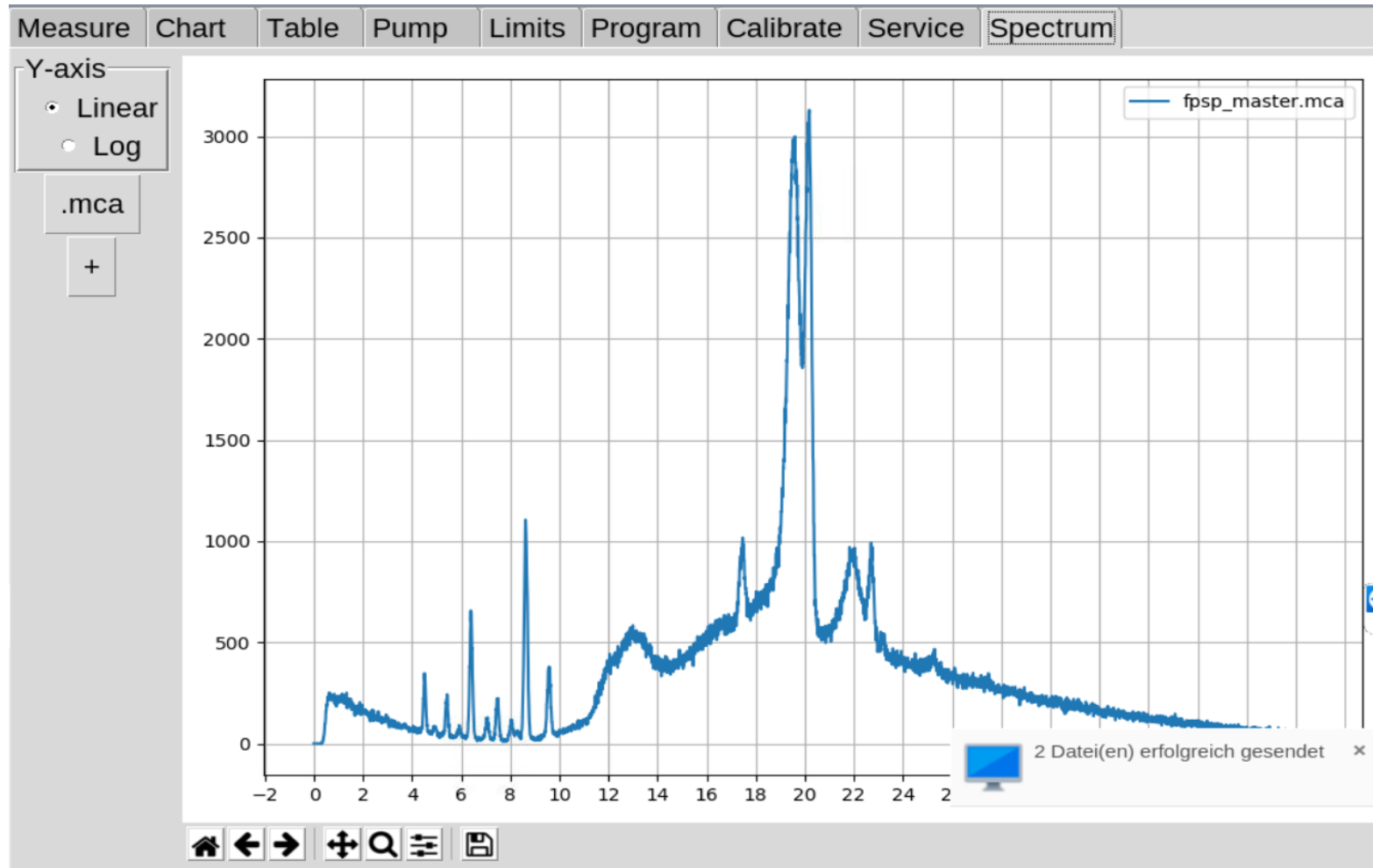
Element	TCC	TCCError
H	0	0
O	0	0
Ni	9324.54	475.171
Zn	6195.63	119.923

kV: 0.0
uA: 0.0

completed single standard calibration 06:30:53

2 Datei(en) erfolgreich gesendet

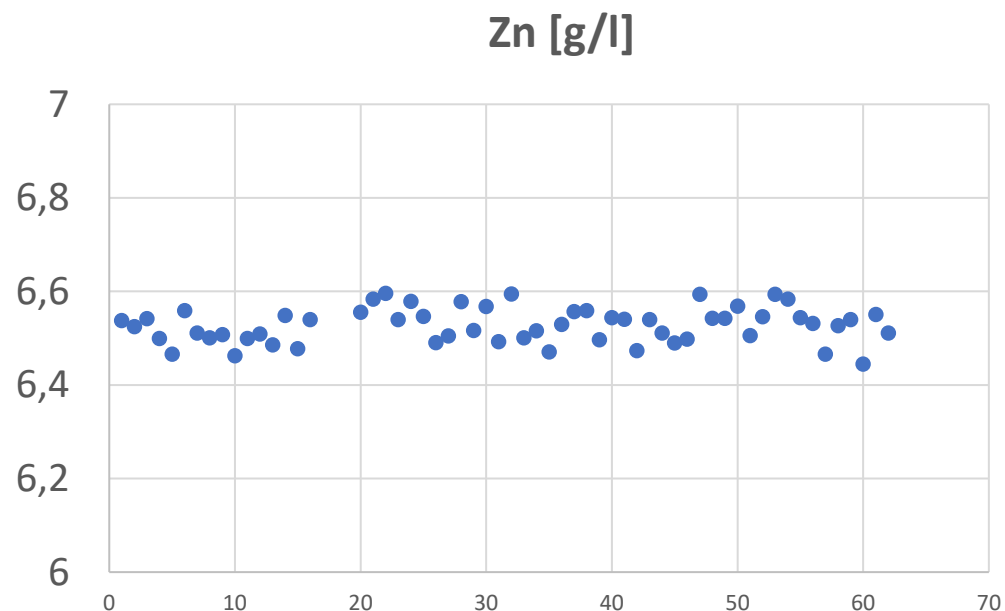
Visualización del espectro de medición



Reproducibilidad de medición en el Master XRF® SW4

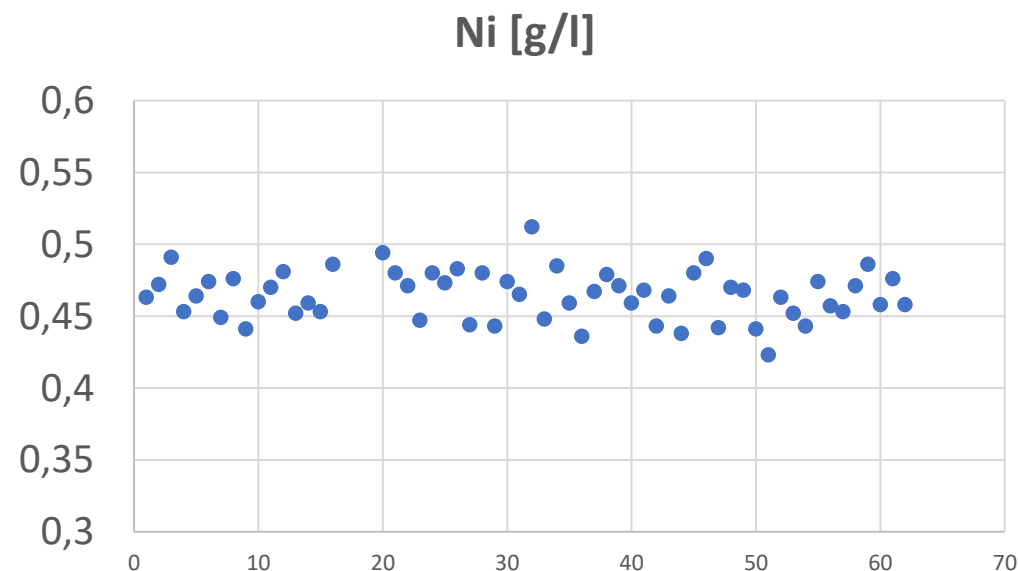


Mediciones repetidas de un baño de ZnNi con una posición de medición fija

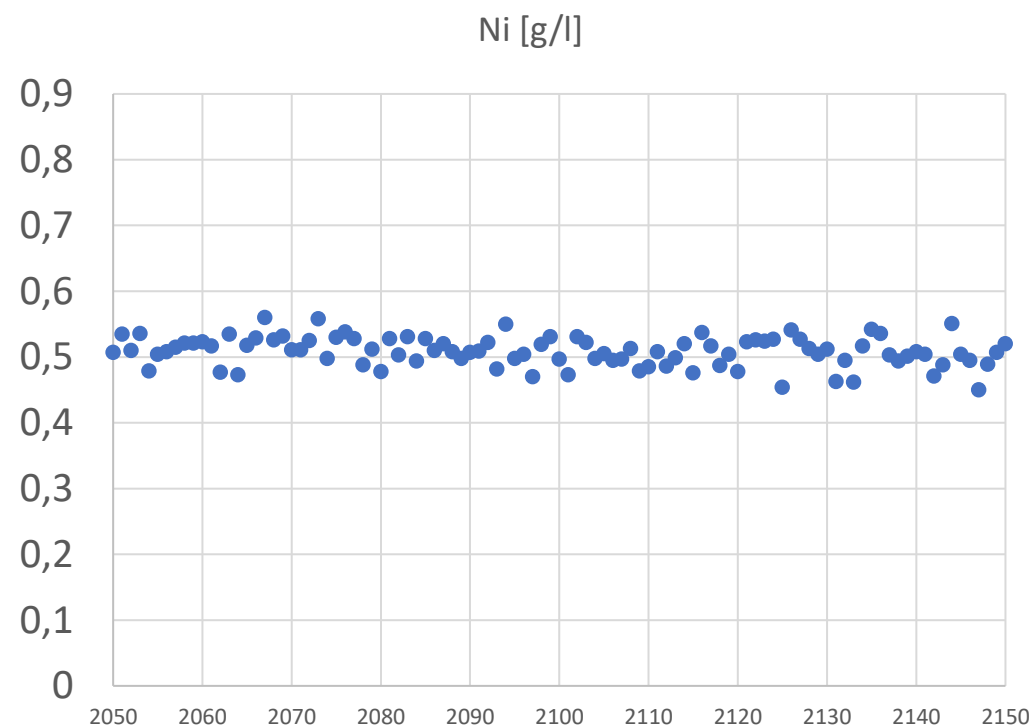
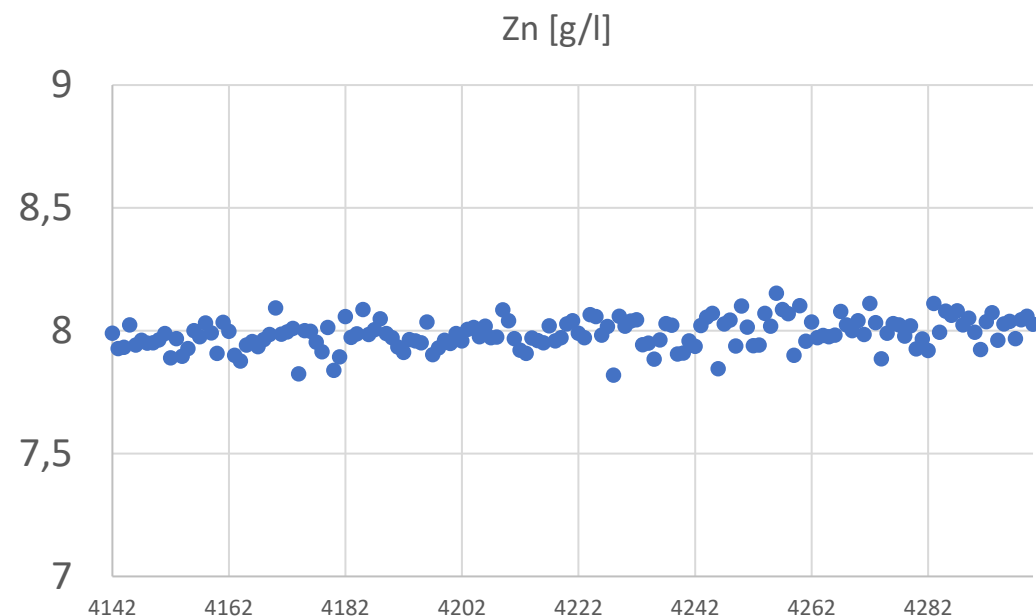


Media	6,5279
Desv. Std.	0,0373

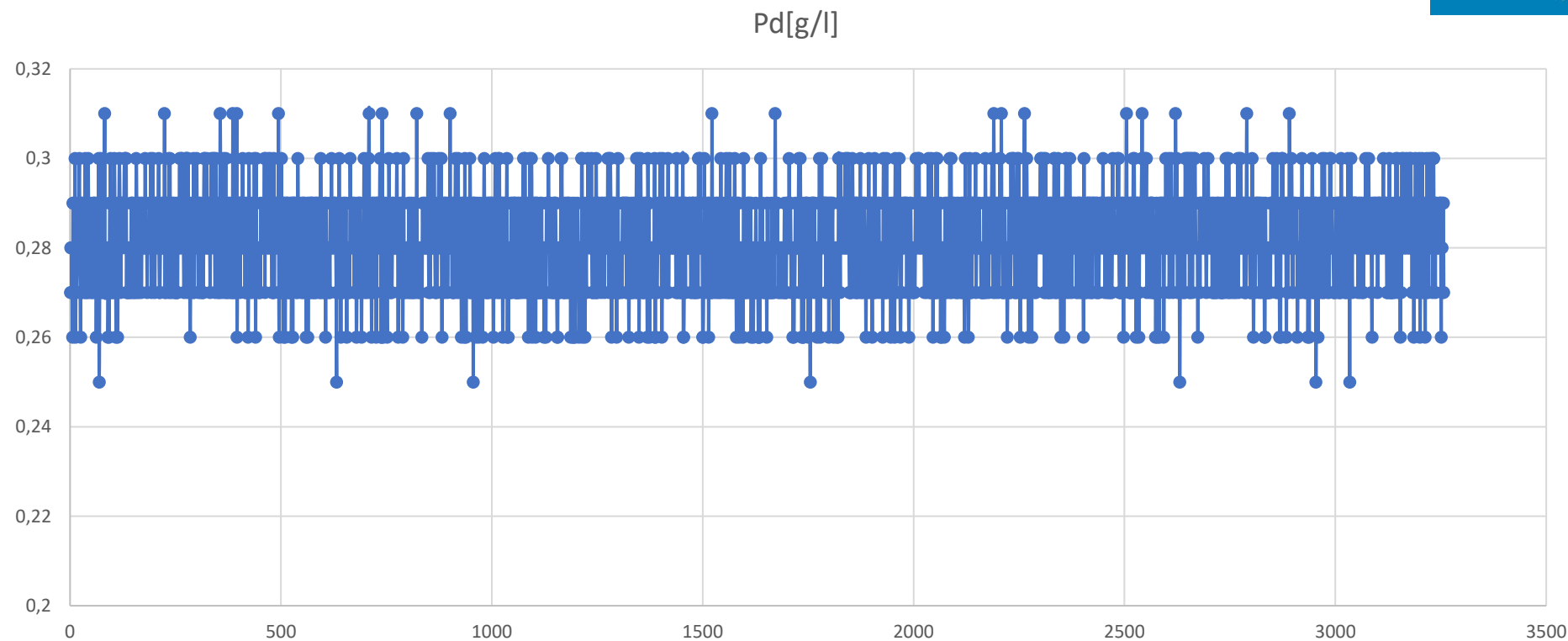
Media	0,4646
Desv. Std.	0,0171



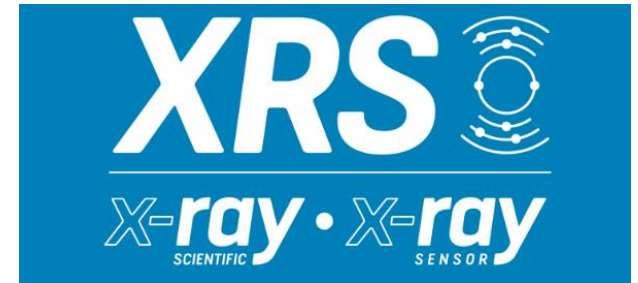
Control en tiempo real de la concentración de Zn y Ni de un proceso de producción con el MasterXRF® SW4



Capacidad para medir otros metales como, p.ej.: Pd



Media	0,2813
Desv. Std.	0,0099



Preguntas frecuentes (FAQ)

¿Cuáles son los límites de detección?

Dependen del elemento y la matriz. Para Zn y Ni en baños típicos de ZnNi, los LOD están en el rango de 0,01–0,05 g/l. Para metales pesados como Au o Pd, se alcanzan niveles de ppm.

¿Con qué frecuencia se mide?

El tiempo de adquisición típico es de 60–300 segundos por medición, dependiendo de la precisión requerida. En modo secuencial con 4 líneas, el ciclo completo dura entre 5 y 20 minutos.

¿Es necesario personal con formación radiológica?

No. El equipo cuenta con blindaje integral y aprobación de tipo por el CSN. El sistema está diseñado para operar sin requisitos adicionales de protección radiológica.

¿Cómo se integra con los sistemas existentes?

El software XRS permite la comunicación vía protocolos industriales estándar (OPC-UA, Modbus TCP o señales analógicas 4–20 mA). Se conecta a sistemas de dosificación, PLCs y sistemas SCADA.

¿Afecta la temperatura del baño a la precisión?

La célula de medición de PTFE soporta temperaturas típicas de baños galvánicos (hasta 50°C); para temperaturas superiores puede instalarse un refrigerador antes de la entrada de la solución al equipo.

¿Cuál es la vida útil del tubo de rayos X?

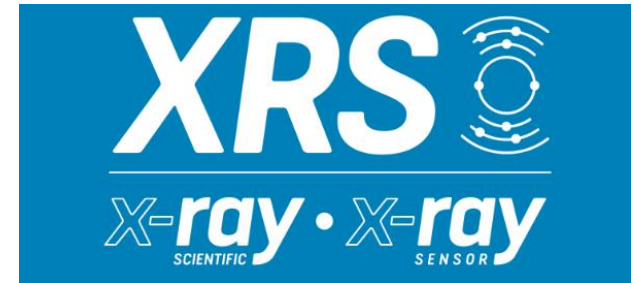
La fuente de rayos X de baja potencia tiene una vida útil típica superior a 20.000 horas de operación continua. Su reemplazo es sencillo y no requiere recalibración completa del sistema.

Comparativa con otras técnicas analíticas



Característica	MasterXRF®	ICP-OES	Valoración automática
Medición en línea	Sí, continua y automatizada	No, requiere toma de muestra	No, manual o semiautomática
Multielemento simultáneo	Sí	Sí	No, un elemento por análisis
Consumibles	Ninguno	Gases (Ar), ácidos, patrones	Reactivos químicos
Mantenimiento	Mínimo	Alto (técnico especializado)	Medio (reposición reactivos)
Personal necesario	Ninguno (autónomo)	Técnico de laboratorio	Operario formado
Preparación de muestra	No necesaria	Dilución y acidificación	Dilución básica
Integración Industria 4.0	Nativa (OPC-UA, Modbus)	Posible con LIMS	Limitada

Caso de éxito: Línea de ZnNi en sector automoción



Contexto

Planta galvánica con 2 líneas de ZnNi para piezas de automoción. Controles previos: análisis manual por valoración 4 veces al día por línea e ICP 2 veces al día por línea. Operario dedicado a tiempo parcial. Desviaciones de concentración detectadas con retraso, provocando rechazos en el control de calidad.

Se complementa la instalación con una línea de Zn y otra de pasivado crómico.

Solución implementada

Instalación de un MasterXRF® SW4 con medición secuencial de todas las líneas. Ciclo de medición: cada 30 minutos por línea. Integración directa con el sistema de dosificación automática vía señales 4–20 mA. Puesta en marcha: 1 día.

-75%

Reducción de rechazos por desviación de composición

-30%

Ahorro en consumo de productos químicos por dosificación optimizada

< 12

meses

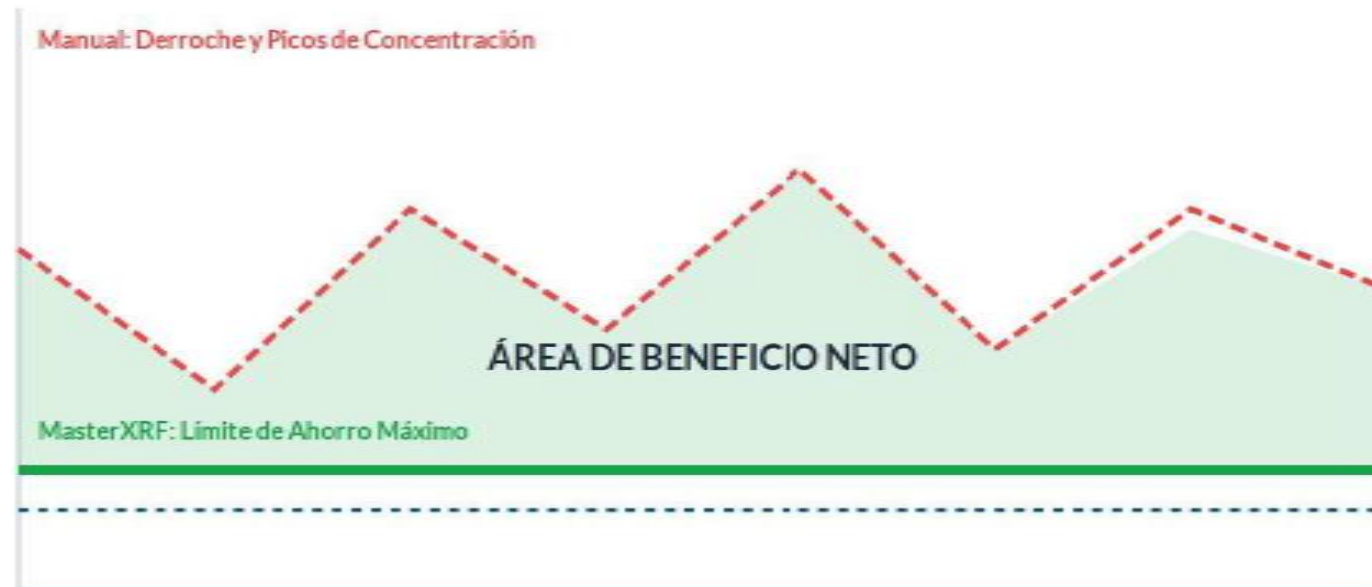
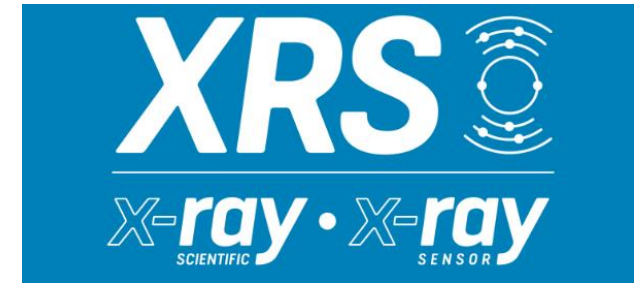
Retorno de la inversión (ROI)

0 h/día

Tiempo de operario dedicado al análisis

** Datos ilustrativos basados en escenarios típicos de implementación. Los resultados reales pueden variar según las condiciones de cada instalación.*

Estabilidad vs. ahorro



Trabajar en el límite inferior de la norma de forma segura, reduce el consumo de metal hasta un 15%

Conclusiones

El instrumento Master XRF® proporciona una herramienta ideal para el control, completamente automatizado, de los procesos de producción industrial en la industria galvánica



- La reproducibilidad de las mediciones supera fácilmente los requisitos del control de las concentraciones de metales en baños galvánicos
- Software fácil de usar combinado con un diseño de instrumento muy robusto ideal para entornos de producción
- Medición secuencial de hasta 4 líneas de recubrimiento
- Funcionamiento, prácticamente, sin mantenimiento gracias a una exclusiva celda de medición del fluido patentada
- El Sistema se puede conectar a sistemas de dosificación, bombas externas, polipastos, alarmas, etc.

En resumen



¿Para quién es?

Galvánicas que deseen controlar la calidad de sus baños de forma automática

¿Qué ofrece?

Medición continua, precisa y sin intervención humana de la concentración de metales

¿Por que elegirlo?

Es robusto, fácil de usar, se integra con los sistemas existentes y ofrece un retorno de inversión rápido