

Implementation of RCM2 in Grand Mining Company Case Study

Santiago Sotuyo Blanco, IE, CMRP
ELLMANN, SUEIRO & ASSOCIATES
sotuyo@ellmann.net
www.ellmann.net

Development of the Project

- Introduction
- RCM2 Technique – Objectives
- Company Previous Projects
- Corporative RCM Project
- Goals
- Professionals active in the Project
- Analysis Groups – Performance
- Management of Change
- Tasks to be Done
- Future Recommendations
- Relevant Economic Results

Introduction

- Implementation RCM2 Project of big scope, one of the biggest in the world.
- Since 2001 collaborating with Client Company.
- Team work between Client Company and ES&A.

- Ellmann, Sueiro & Associates Licensees of Aladon LLC (John Moubrey) since 1990 for Latin America, Spain and Portugal.
- More than 180 of the 1800 sites around the world where RCM2 has been applied, done by ES&A.
- Translators of all Aladon papers and books on RCM2 into Spanish.

RCM2 Technique - Objectives

- The objective of RCM2 is to supply a methodology for the definition of technically feasible and worth doing maintenance strategies, to reach continuous improvement of physical assets in aspects of:
 - Reliability and Availability,
 - Safety,
 - Environment,
 - Quality,
 - Productivity and
 - Cost-Efficiency

RCM2 Technique - Objectives

- **RCM2 – Reliability Centred Maintenance**
Fulfills standard SAE JA 1011 & 1012, referred to Criteria of Evaluating RCM Process
 - It is a systematical and structured process to determine the maintenance requirements of a physical asset in its present operating context
 - **Functions**
 - **Functional Failures**
 - **Failure Modes**
 - **Failure Effects**
 - **Failure Consequences**
 - **Proactive Tasks**
 - **Default Actions**

RCM2 – Information Worksheet

**HOJA DE TRABAJO
DE INFORMACIÓN
RCM II**
© 1998 ALADON LTD.

EQUIPO	No.	Realizado Por	Fecha	Hoja 1
COMPONENTE SISTEMA DE BOMBEO	Ref.	Revisado Por	Fecha	de 10

FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (<i>Causa de la falla</i>)	EFECTO DE LA FALLA (<i>Que sucede cuando falla</i>)
2	Evitar el ingreso al pozo de toma de sólidos mayores a 3 cm. De diámetro.	A Ingreso de sólidos mayores de 3 cm de diámetro.	1 Rotura de criba	Obstrucción de la toma; baja caudal; No produce; descenso de nivel de filtro y desborde del pozo de agua clara; descenso de nivel en el tanque elevado de distribución y baja la presión en zonas altas. Reparar criba; tiempo estimado: 10 horas.
			2 Roturas en el pozo de toma	Obstrucción de la toma; baja caudal; No produce; descenso de nivel de filtro y desborde del pozo de agua clara; descenso de nivel en el tanque elevado de distribución y baja la presión en zonas altas. Reparar criba; tiempo estimado: 10 horas. Reparar el pozo. Tiempo estimado: 3 horas.
			3 Rotura de línea de aducción del río al pozo de toma.	Obstrucción de la toma; baja caudal; No produce; descenso de nivel de filtro y desborde del pozo de agua clara; descenso de nivel en el tanque elevado de distribución y baja la presión en zonas altas. Reparar criba; tiempo estimado: 10 horas. Reparar la línea. Tiempo estimado: depende de las condiciones del río y magnitud de la avería..
3	Evitar el ingreso a bombas proveedoras "KSB" de sólidos mayores a 3 cm. de diámetro	A Ingreso a bombas proveedoras "KSB" de sólidos mayores a 3 cm de diámetro.	1 Rotura de criba de succión de bomba.	Disminuye caudal; desgaste de rotor; Rotura de rotor; disminuye producción. Cambiar rotor. Tiempo estimado: 2 horas por cambio de bomba de reserva). Reparar bomba averiada en taller.
			2 Rotura de criba de pozo de toma	Obstrucción de la toma; baja caudal; No produce; descenso de nivel de filtro y desborde del pozo de agua clara; descenso de nivel en el tanque elevado de distribución y baja la presión en zonas altas. Reparar criba; tiempo estimado: 10 horas
			3 Roturas en el pozo de toma.	Obstrucción de la toma; baja caudal; No produce; descenso de nivel de filtro y desborde del pozo de agua clara; descenso de nivel en el tanque elevado de distribución y baja la presión en zonas altas. Reparar criba; tiempo estimado: 10 horas. Reparar el pozo. Tiempo estimado: 3 horas.
			4 Rotura de línea de aducción del río al pozo de toma.	Obstrucción de la toma; baja caudal; No produce; descenso de nivel de filtro y desborde del pozo de agua clara; descenso de nivel en el tanque elevado de distribución y baja la presión en zonas altas. Reparar criba; tiempo estimado: 10 horas. Reparar la línea. Tiempo estimado: depende de las condiciones del río y magnitud de la avería.
4	Evitar el ingreso a bombas proveedoras "Flygh" de sólidos mayores de 1 cm. de diámetro.	A Ingreso a bombas proveedoras "Flygh" de sólidos mayores a 1 cm. de diámetro.	1 Rotura de criba de succión de bomba.	Disminuye caudal; desgaste de rotor; Rotura de rotor; disminuye producción. Cambiar rotor. Tiempo estimado: 2 horas por cambio de bomba de reserva). Reparar bomba averiada en taller.
5	Evitar ingreso de arena a pozos de toma y de succión de bombas proveedoras "KSB" y "Flygh"	A Ingreso de arena a pozos de toma de succión.	1 Colmatación de barreras de arena.	Disminuye caudal; desgaste de rotor; Rotura de rotor; disminuye producción. Cambiar rotor. Tiempo estimado: 2 horas por cambio de bomba de reserva). Reparar bomba averiada en taller. Limpiar pozos. Tiempo estimado: 6 horas.
6	Permitir bloquear el pozo para trabajos en el mismo.	A No permite bloquear el pozo.	1 Averías en guías de válvula de compuerta.	No baja la compuerta; no corta el flujo de agua; no permite acceder al pozo; reparar guías. Tiempo estimado: 3 días.

RCM2 – Decision Diagram

HIDEN FAILURE CONSEQUENCES

SAFETY AND/OR ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES

OPERATIONAL CONSEQUENCES

NON OPERATIONAL CONSEQUENCES

H
¿Será este modo de fallo evidente a los operarios actuando por si solo en circunstancias normales?

S
¿Podría este modo de fallo lesionar o matar a alguien?

E
¿Podría este modo de fallo infringir cualquier normativa de medio ambiente?

C
¿Ejerce el modo de fallo un efecto adverso sobre la capacidad operacional?

H1
¿Es técnicamente factible y merece la pena una tarea a condición?

S1
¿Es técnicamente factible y merece la pena una tarea a condición?

O1
¿Es técnicamente factible y merece la pena una tarea a condición?

N1
¿Es técnicamente factible y merece la pena una tarea a condición?

H2
¿Es técnicamente factible y merece la pena una tarea de reacondicionamiento ciclico?

S2
¿Es técnicamente factible y merece la pena una tarea de reacondicionamiento ciclico?

O2
¿Es técnicamente factible y merece la pena una tarea de reacondicionamiento ciclico?

N2
¿Es técnicamente factible y merece la pena una tarea de reacondicionamiento ciclico?

H3
¿Es técnicamente factible y merece la pena una tarea de sustitucion ciclica?

S3
¿Es técnicamente factible y merece la pena una tarea de sustitucion ciclica?

O3
¿Es técnicamente factible y merece la pena una tarea de sustitucion ciclica?

N3
¿Es técnicamente factible y merece la pena una tarea de sustitucion ciclica?

H4
¿Es técnicamente factible y merece la pena una tarea de busqueda de fallos?

S4
¿Es técnicamente factible y merece la pena una combinación de tareas?

O4
¿Es técnicamente factible y merece la pena una combinación de tareas?

N4
¿Es técnicamente factible y merece la pena una combinación de tareas?

H5
¿Podría el fallo multiple afectar a la seguridad o el medio ambiente?

Ningun mantenimiento

Rediseño obligatorio

Rediseño obligatorio

Combinación de tareas

Tarea de sustitucion ciclica

Tarea de reacondicionamiento ciclico

Tarea a condición

Tarea de sustitucion ciclica

Tarea de reacondicionamiento ciclico

Tarea a condición

Ningun mantenimiento

Tarea de sustitucion ciclica

Tarea de reacondicionamiento ciclico

Tarea a condición

Ningun mantenimiento

Tarea de sustitucion ciclica

Tarea de reacondicionamiento ciclico

Tarea a condición

RCM2 – Decision Worksheet

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN RCM II

© 1998 ALADON LTD.

EQUIPO	No.	Realizado por	Fecha	Hoja 1
COMPONENTE SISTEMA DOSIFICADOR	Ref. 1 ^{ra} Edición	Revisado por	Fecha	de 10

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tarea Propuesta	Frecuencia Inicial	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O			H4	H5	S4				
1	A	1											Se analiza aparte en grupo "sistema eléctrico"	-	-
1	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento preventivo.	-	-
1	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento preventivo.	-	-
1	A	4	S	S			S						Chequear ajuste conexiones de cables en tablero (averiguar precio de detector de temperatura infrarrojo)	Mensual y 1 semana luego de cualquier cambio de componente	Personal Usina
1	A	5	S	S			N	N	N			S	Control de dosificación de coagulante. Instrucción al personal.	Horaria	Personal Usina
1	A	6	S	S			N	N	N			S	Control de dosificación de coagulante. Instrucción al personal.	Horaria	Personal Usina
1	A	7	S	S			N	N	N			S	Control de dosificación, instrucción al personal.	Horaria	Personal Usina
1	A	8	S	S			N	N	N			S	Control de dosificación de coagulante. Reparar botonera si es necesario, instrucción al personal.	Horaria	Personal Usina
1	A	9	S	S			N	N	N			S	Control de dosificación de coagulante. Desobstruir y limpiar válvulas si es necesario, instrucción al personal.	Horaria	Personal Usina
1	A	10	S	S			N	N	N			S	Control de dosificación de coagulante. Cambiar diafragma de bomba si es necesario, instrucción al personal.	Horaria	Personal Usina
1	A	11	S	S			N	N	N			S	Control de dosificación de coagulante. Cambiar plaqueta electrónica si es necesario, instrucción al personal.	Horaria	Personal Usina
1	A	12	S	S			N	N	N			S	Control de dosificación de coagulante. Revisar conexiones y ajustar o sustituir elementos si es necesario. Instrucción al personal.	Horaria	Personal Usina
1	A	13	S	S		S	N	N	N			S	Inspección de piezas de acople y rosca de cañerías de coagulante. Ajuste de las mismas, instrucción al personal.	Semanal	Personal Usina
1	A	14	S	S			N	N	N			S	Control de dosificación de coagulante. Reparar fase cortada si es necesario. Instrucción al personal.	Horaria	Personal Usina
1	A	15	S	S			N	N	N			S	Control de dosificación de coagulante. Corregir la fase si es necesario. Instrucción al personal.	Horaria	Personal Usina
1	A	16	S	N	N	S							U.T.E. repara. Fuera de este análisis.	-	-
1	A	17	S	S			N	N	N			S	Comprobar temperatura del motor. Si supera los 95 ° C cambiar motor. Instrucción al personal.	Cada 3 hrs.	Personal Usina
1	B	1	S	S			N	S					Limpia filtro de succión de dosificadora de coagulante.	Cada 3 hrs.	Personal Usina
1	B	2	S	S			N	S					Limpia tubería de succión en conjunto con filtro de succión.	Cada 3 hrs.	Personal Usina
1	B	3	S	S			N	N	N		N		Rediseño obligatorio. Sustituir la bomba por una adecuada al uso.	-	Personal Usina
1	B	4	S	S			N	N	N		N		Rediseño operativo. Para evitar errores en determinación de dosis.	-	Personal Usina
1	B	5	S	S			N	N	N		N		Rediseño operativo. Para evitar errores en preparación de dosis.	-	Personal Usina
1	B	6	S	S			N	N	N		N		Rediseño operativo. Ajustar tiempo de agitación. Instrucciones claras y precisas.	-	Personal Usina
1	B	7	S	S			N	N	N		S		Controlar dosificación. Ajustar paleta cuando sea necesario.	-	Personal Usina
1	B	8	S	S			N	N	N		S		Control de calidad. Diseñar procedimiento operativo.	A la recepción en OSE	Suministros

Company Previous Projects

Grand Mining Copper Company, with extended geographical distribution, four Divisions, more than 15.000 employees. World leader in its field.

Pilot Projects

■ Division I

- 2001:
 - Oxides: Pilot
- 2002
 - Oxides: Expansion
 - Foundry: Pilot
 - Concentrator: Pilot

■ Division II

- 2001:
 - Plants: Pilot
- 2002:
 - Plants: Expansion

RCM2 Project

- Formal Start Date: November 2002
- Actual Start Date: March 2003
- End date: December 2004
- 18 month of effective activity
- Stages:
 - Qualification and Training:
 - RCM2 Introductory 3 days Course
 - RCM2 Facilitators 10 days Course
 - RCM2 Basic Seminars, half day
 - Analysis Groups:
 - Meetings with Consultant support
 - Meetings without Consultant support
 - Audits
 - Activating strategies into SAP-PM
 - Implementing strategies (Start up of activities)

RCM2 Project

Courses & Consultancy

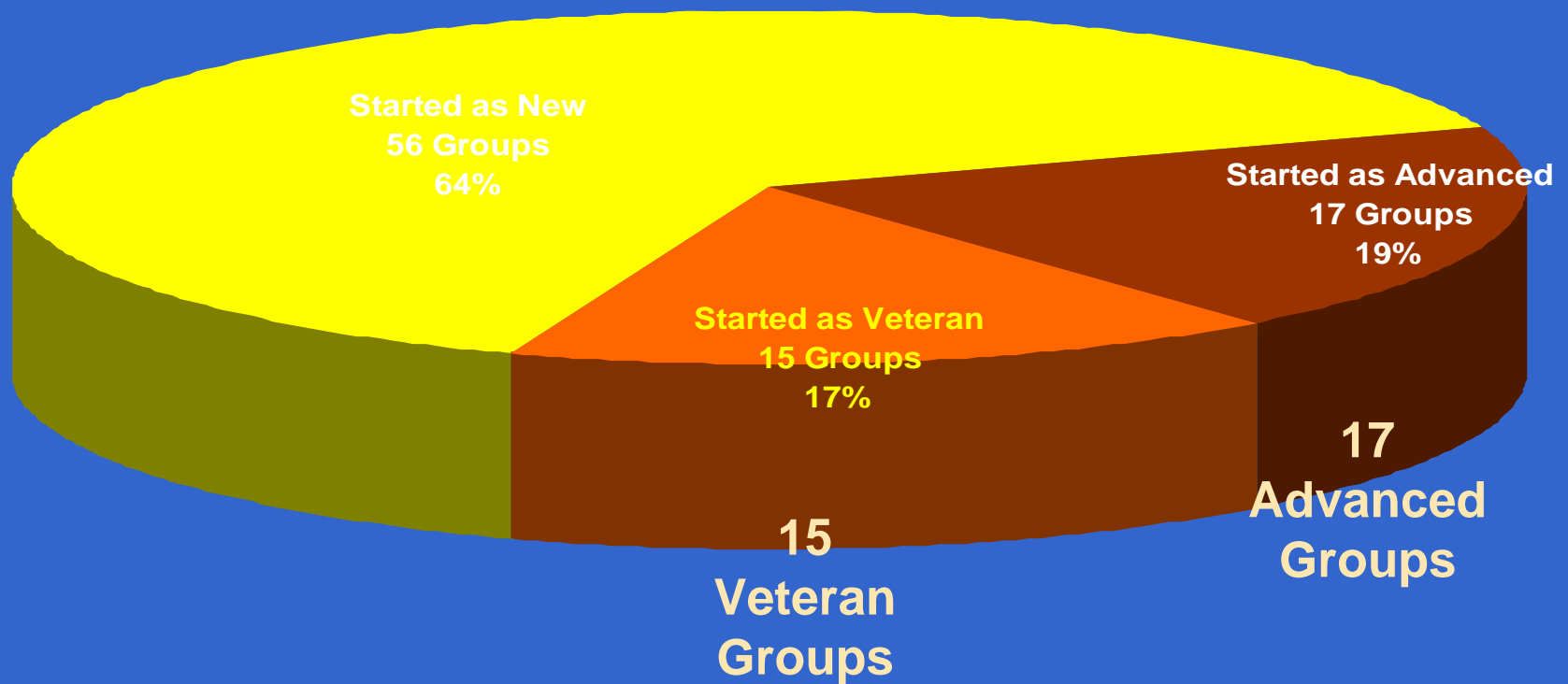
	3 Day Course	Facilitators Course	Basic Seminars	Man Days
2003	13	4	10	330
2004	18	2	16	490
Total Corp	31	6	26	820

Analysis Groups - Performance

Number of Groups

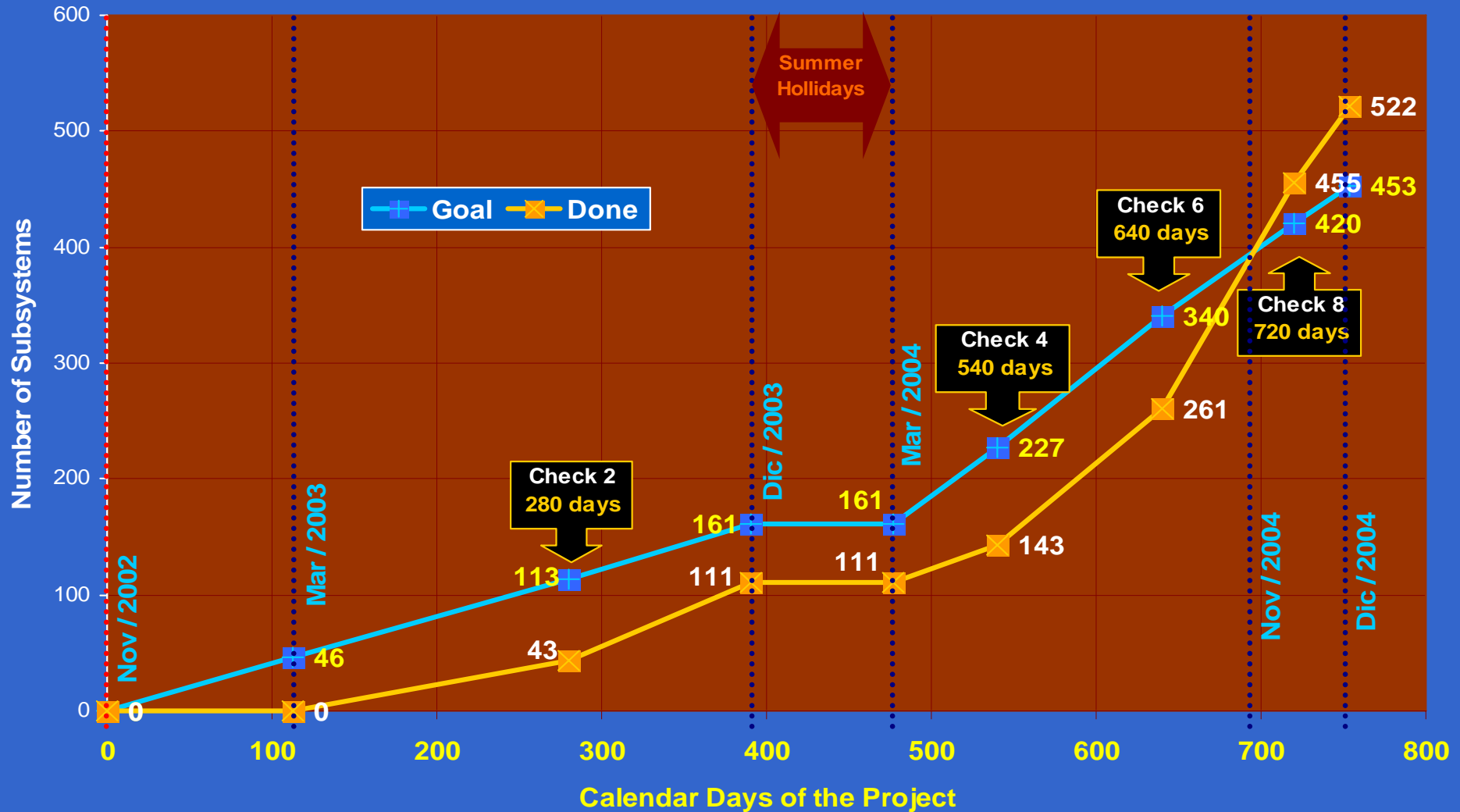
Total 88 Analysis Groups

56 New
Groups



Project Goals

Subsystems Analyzed During Project Time

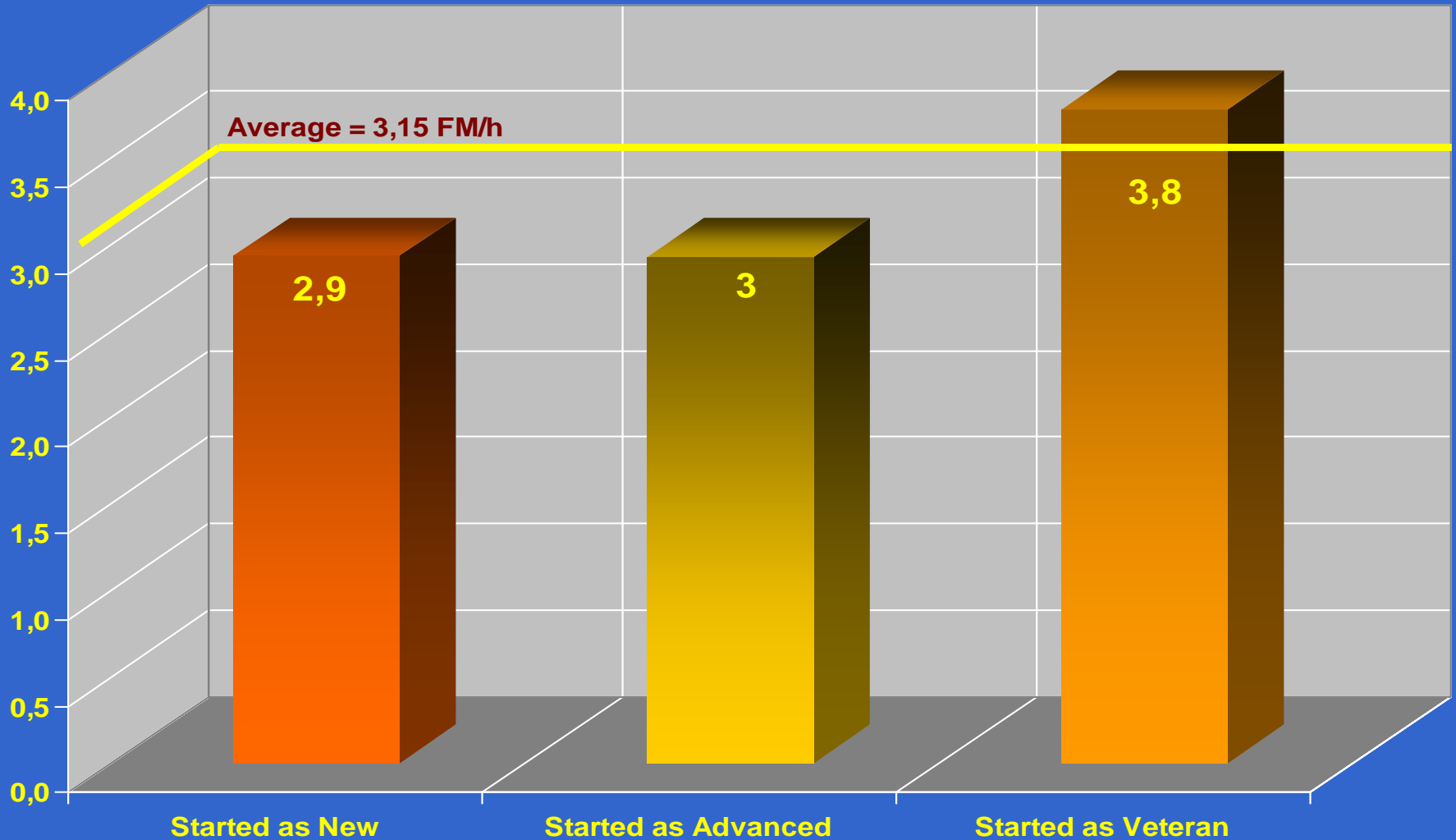


Professionals

CLIENT CUSTOMER	Number
Contract Manager	1
General Coordinator of the Project	1
Divisional Coordinators	4
Facilitators	90
Group Members	750
ELLMANN, SUEIRO & ASSOCIATES	
Project Director	1
Area Leaders	2
RCM2 Consultants	5
Human Resources Consultants	3
Quality Consultants	1
IT Consultants	1
Comercial Manager	1
Total of ES&A Professionals active in the Project	14

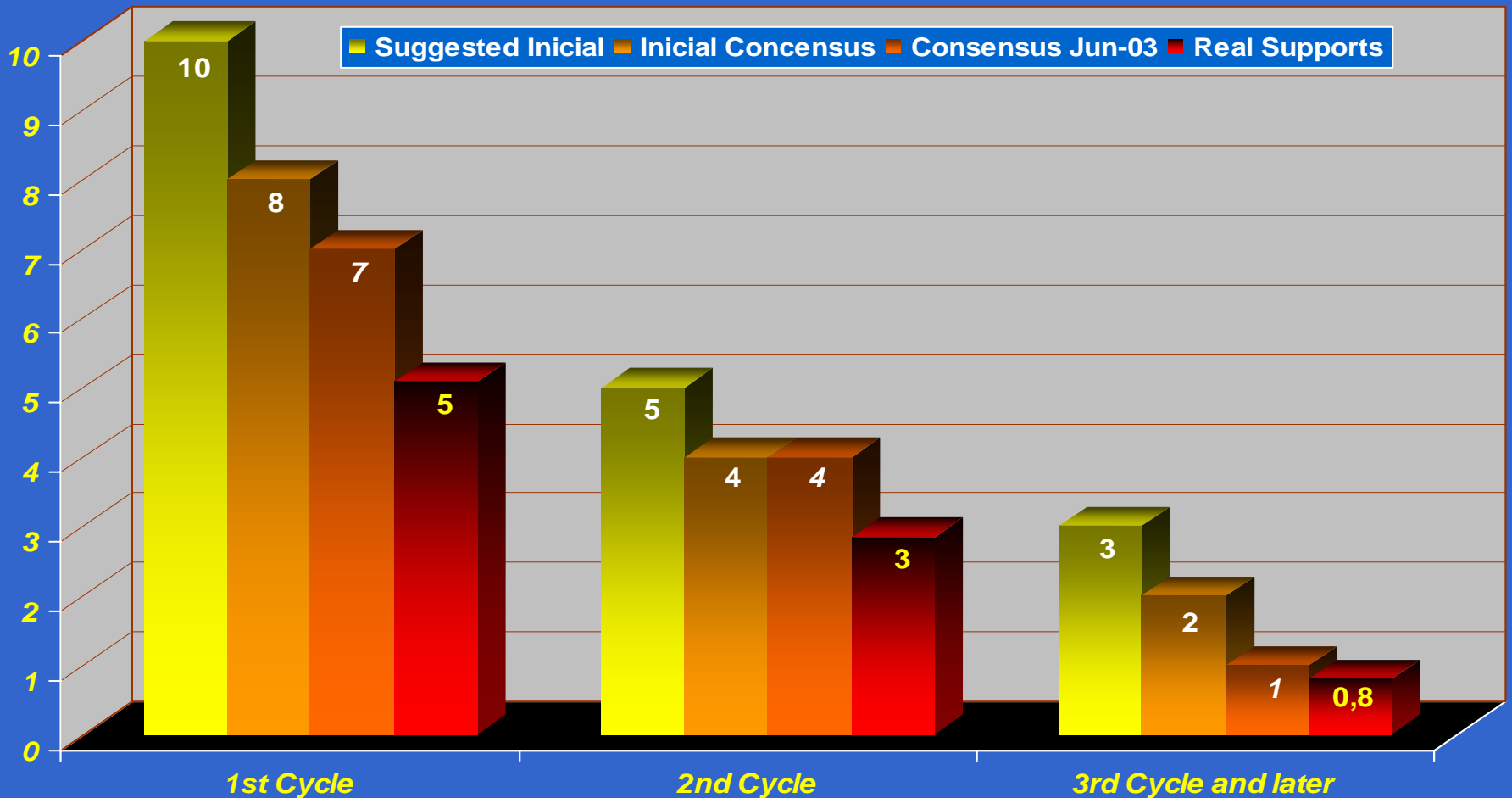
Analysis Groups - Performance

Failure Mode Rate per Hour



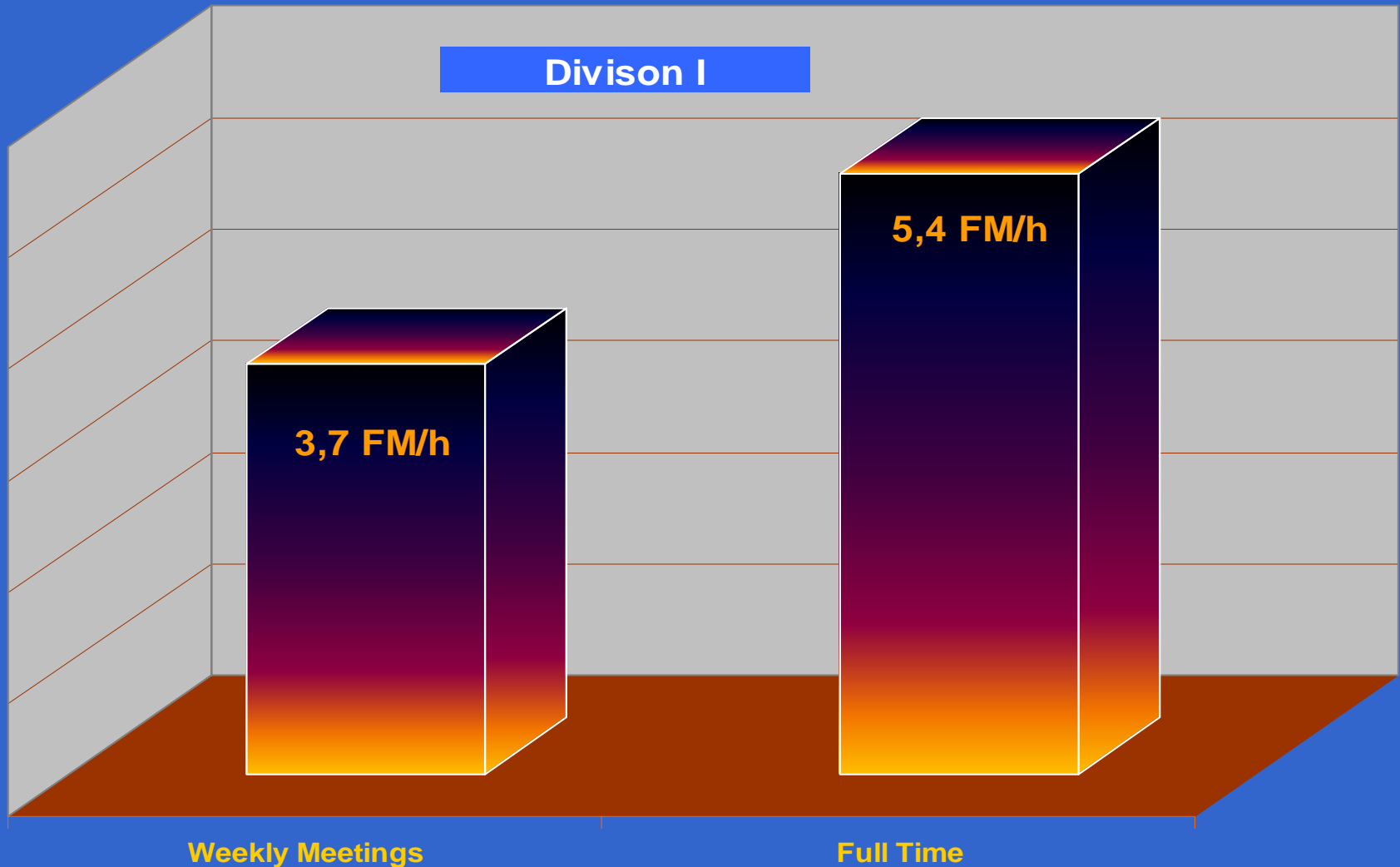
Analysis Groups - Performance

Supports by Analysis Cycle



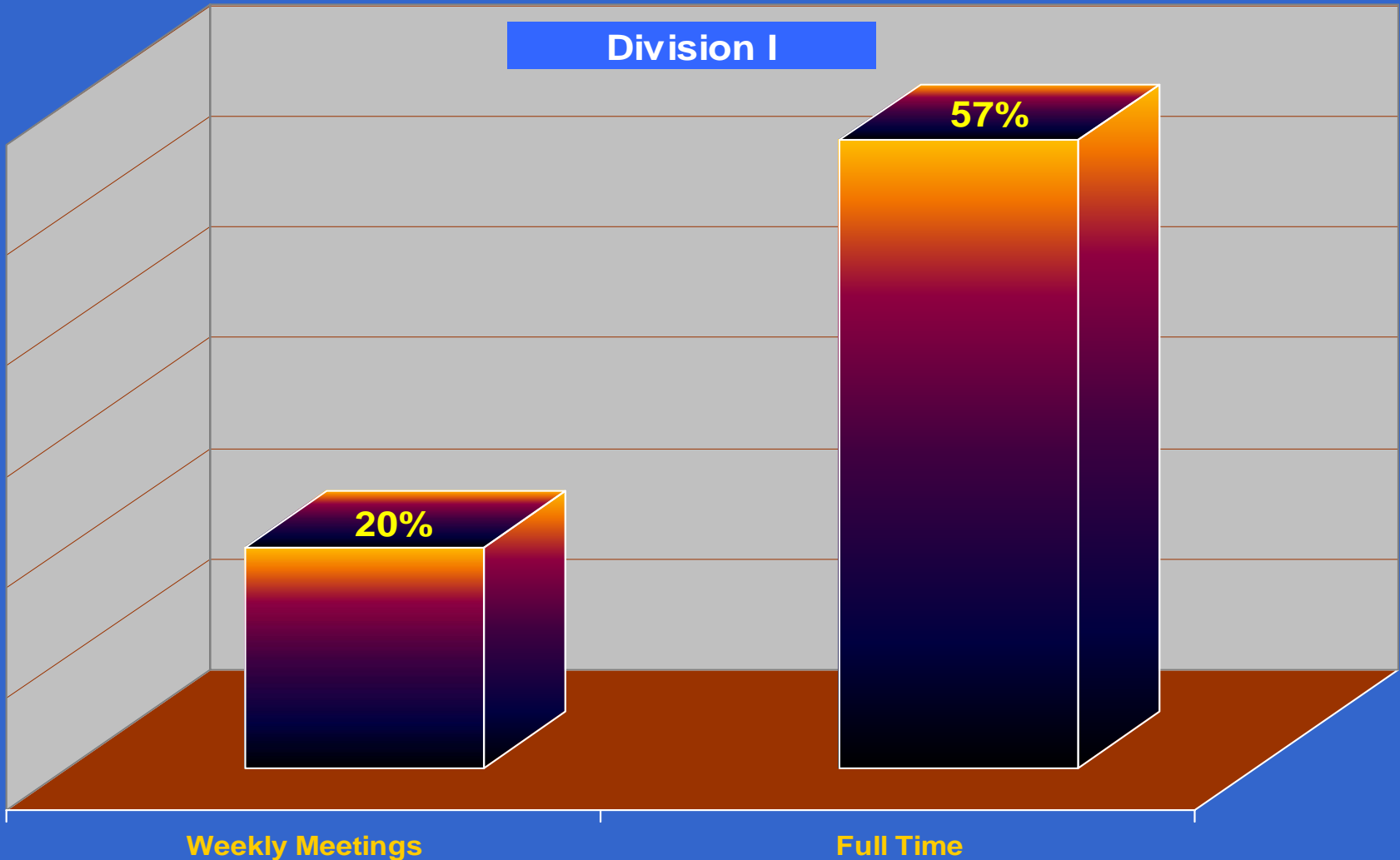
Analysis Groups - Performance

Performance of Full Time Groups



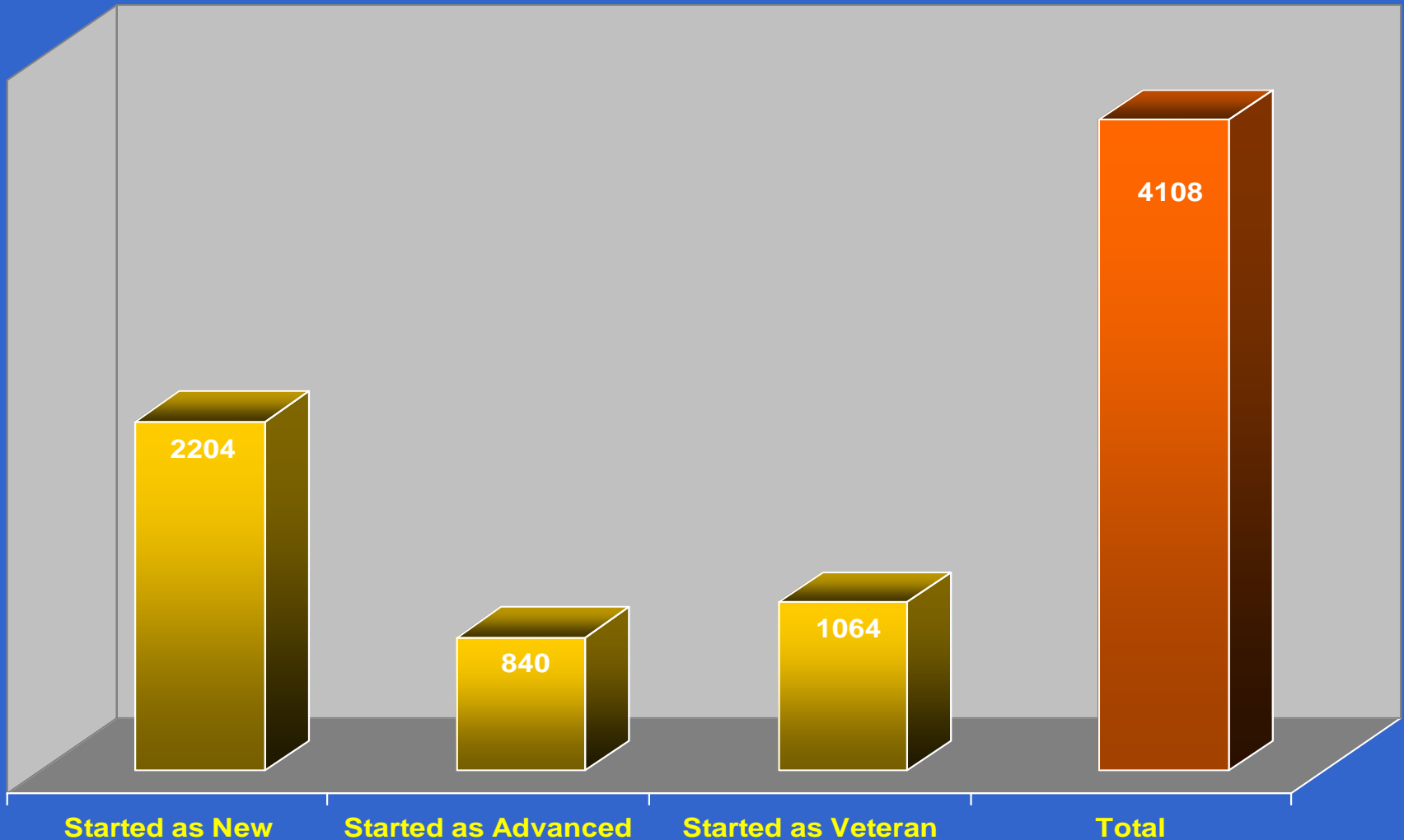
Analysis Groups - Performance

% of Meetings with Consultant Support



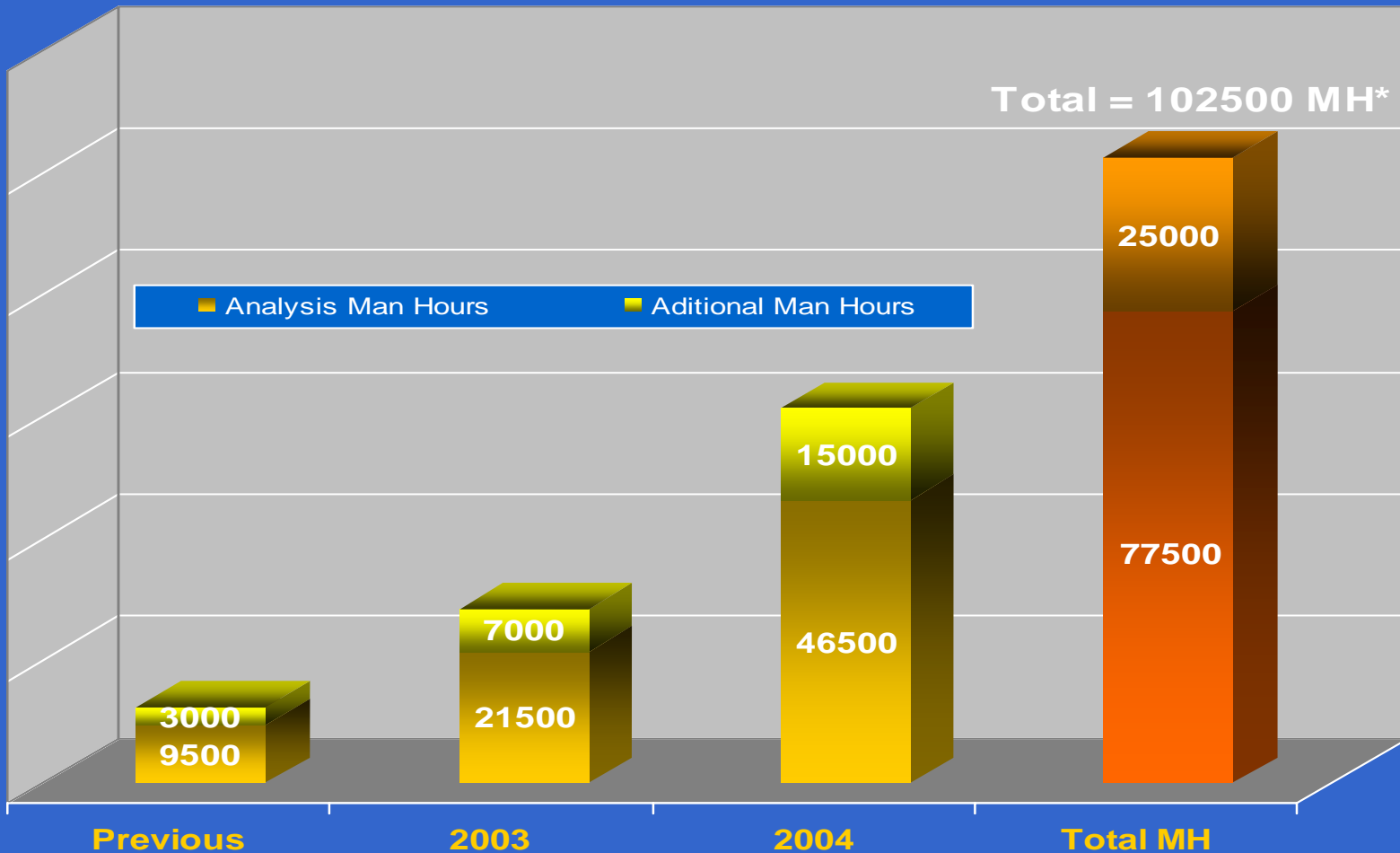
Analysis Groups - Performance

Number of Meetings



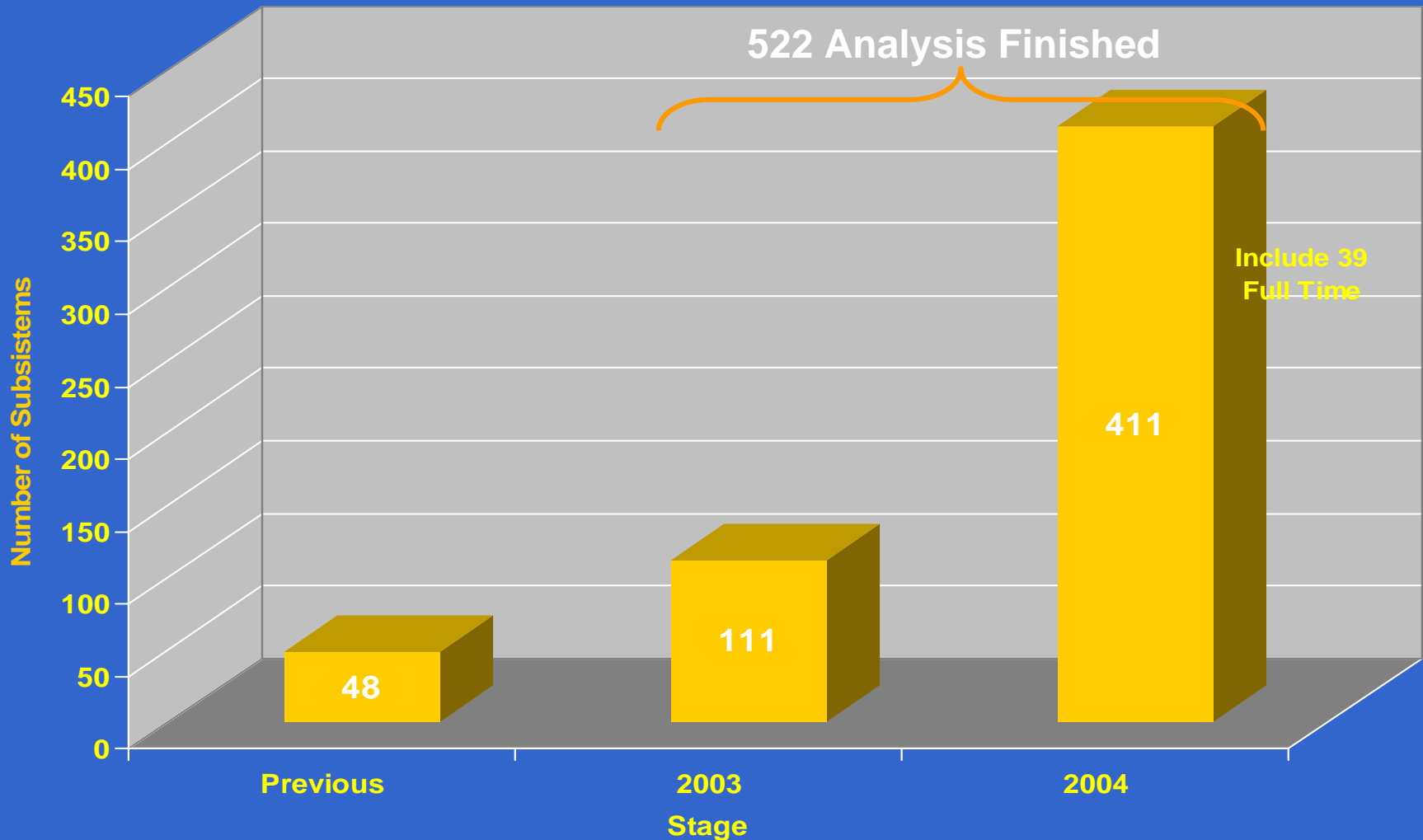
Analysis Groups - Performance

Man Hours Dedicated to RCM Project



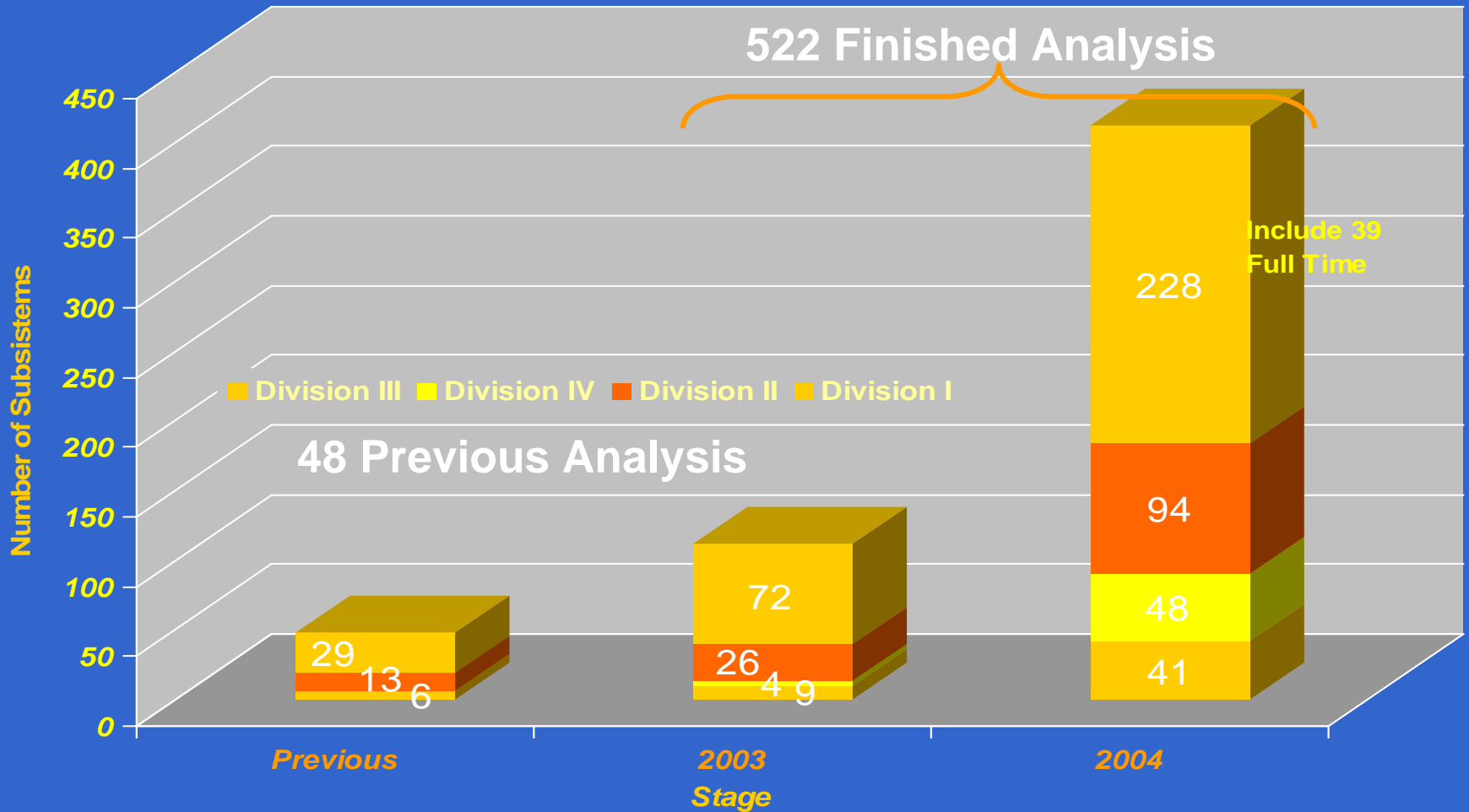
Analysis Groups - Performance

Finished by stage in RCM Project



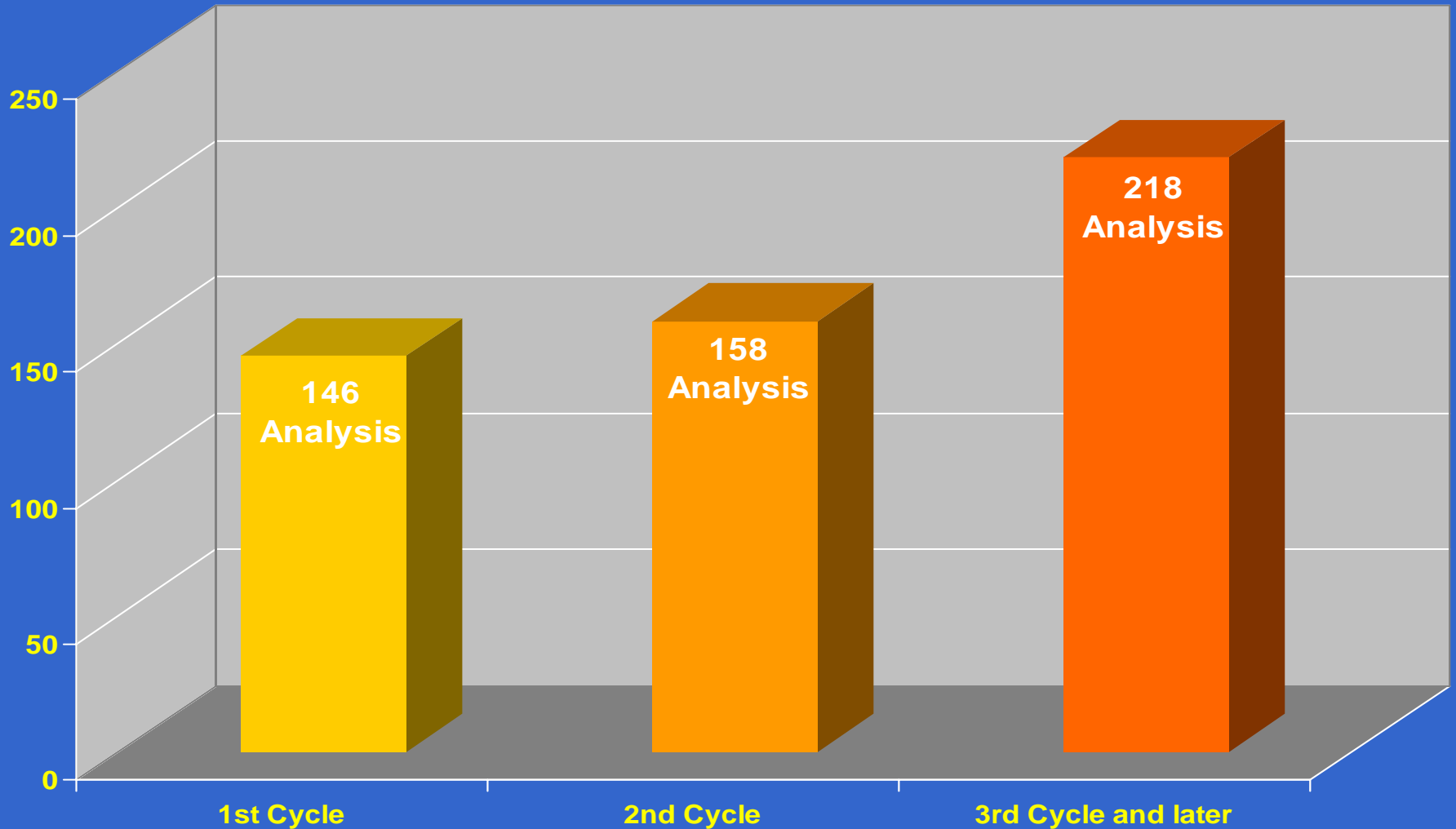
Analysis Groups - Performance

Finished in each Stage by Division



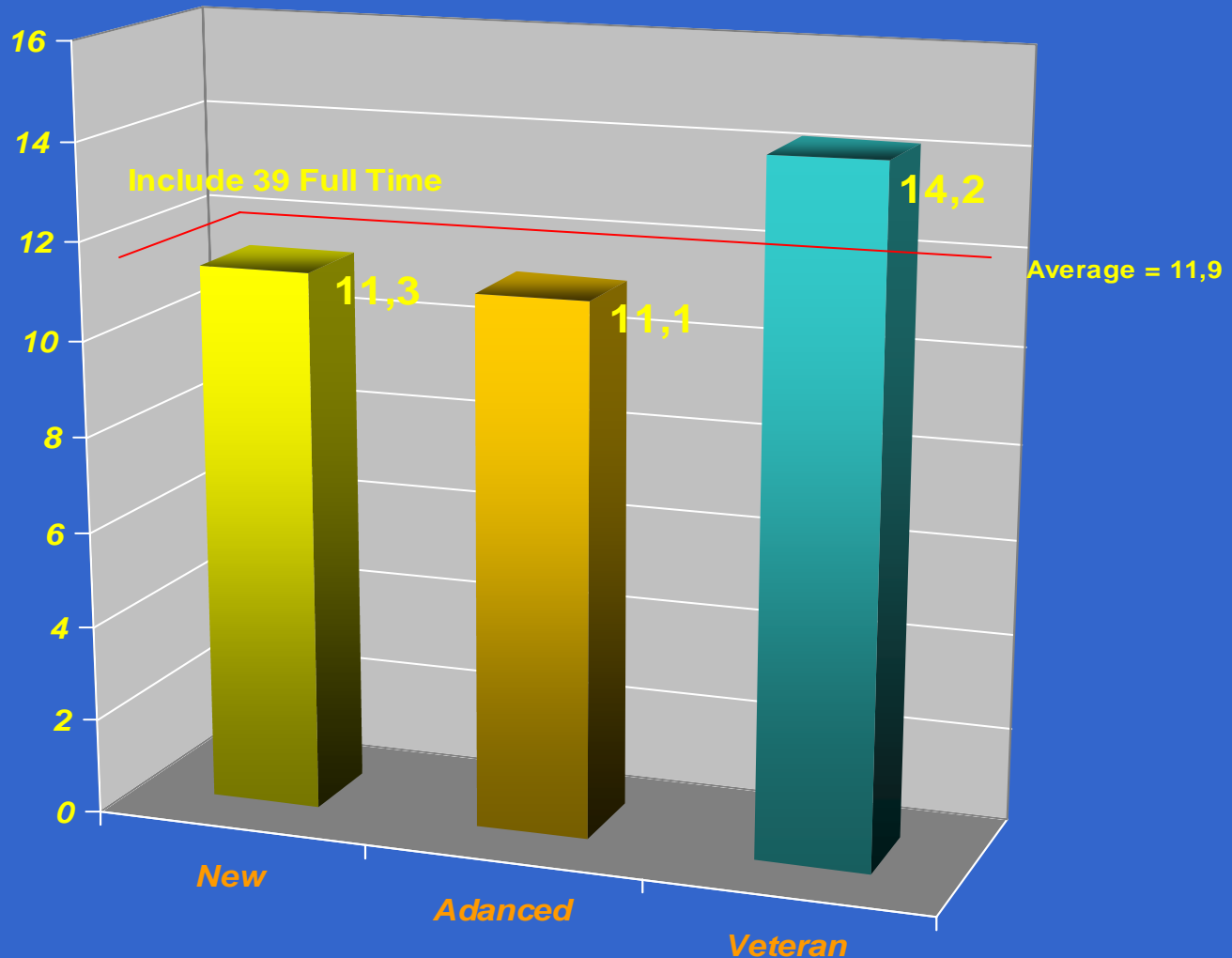
Analysis Groups - Performance

Analysis by Cycle



Analysis Groups - Performance

Meetings by Analysis



Management of Change

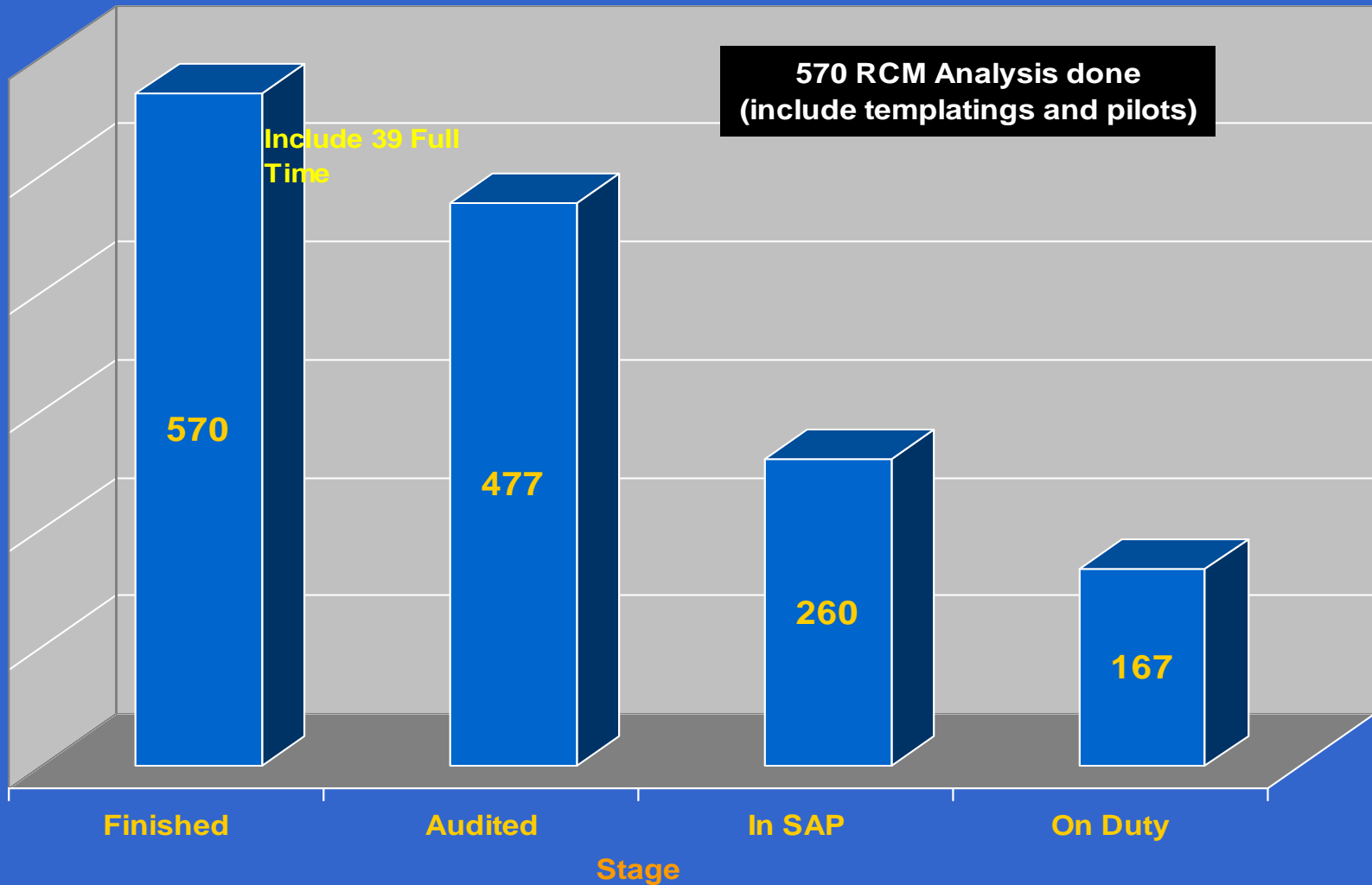
- Labor Perception Surveys
- Introductory Communication Seminars
- Communications Campaign
 - Posters
 - Articles in Company Magazines
- Recognition Forums for Group Members
- It was established by Management of the Client Company, to settled this Project as a **Best Practice Maintenance Improvement Project**, including Human Resources and Corporative Communications.

Tasks to be Done

- Start up of new strategies
 - Tasks for Maintenance Plan
 - Tasks for Operators
 - Redesign of Asset
 - Qualification and Training of Personnel, Operations and Maintenance
 - Change of Procedures
- Very Important Role to be developed by Maintenance Engineering

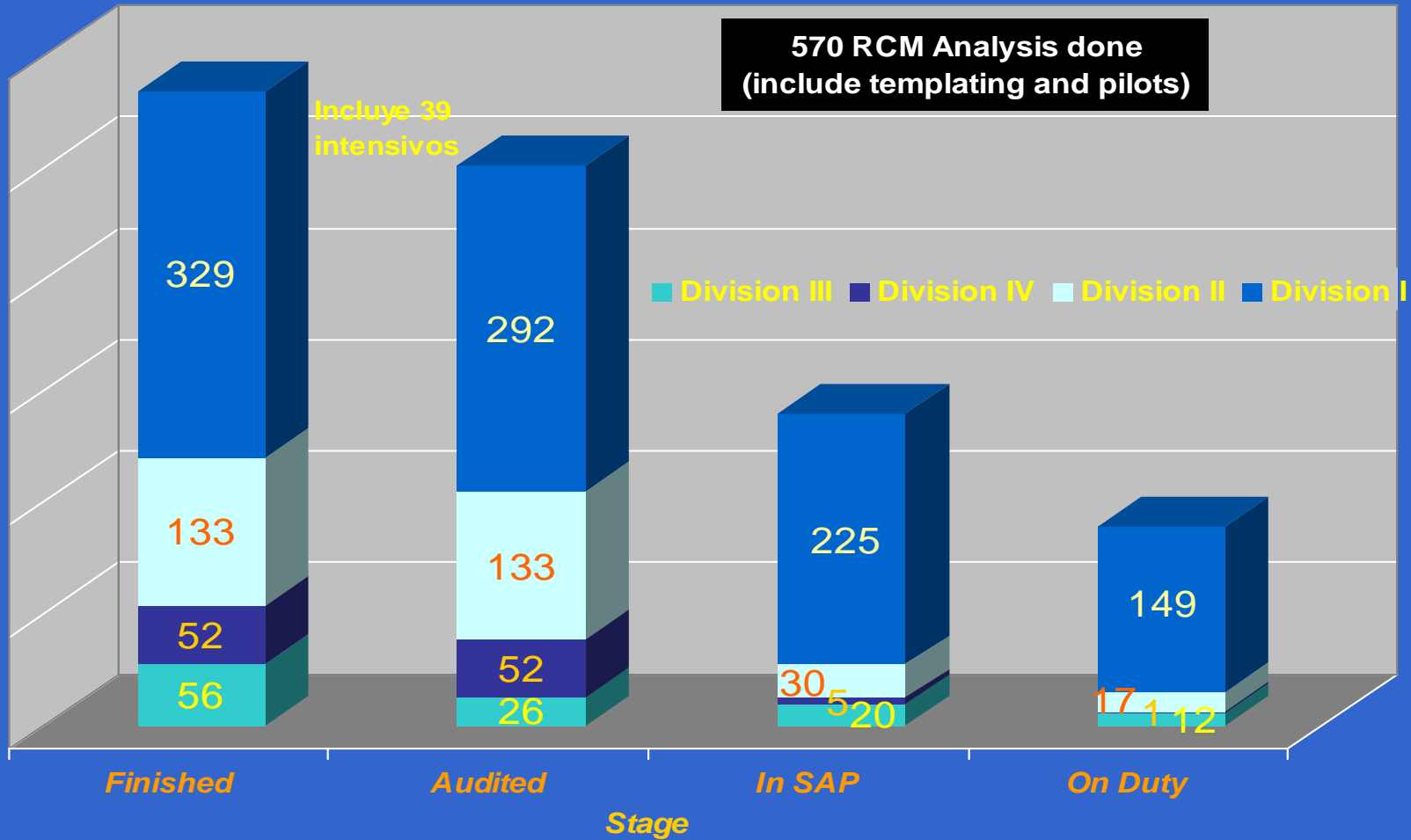
Tasks to be Done

Advance in Implementation Corporativo RCM Project



Tasks to be Done

Advance of Implementation by Division



Tasks to be Done

	3 Days Course	Facilitators Course	Basic Seminar	Man Days
Division I	6	2	12	160
Division II	5	2	8	80
Division III	2	1	5	40
Division IV	2	1	5	40
Total	15	6	30	320

Future Recommendations

- Spread RCM2 concepts all over the Client Company
 - Reach “Critical Mass”
- Huge involvement of Management
- Implement new strategies in a participative way
- Communicate fulfillment and overwhelming of goals
- Address full time Professionals for Project Manager in each Division
- Upgrade SAP-PM concepts to RCM2
 - Technical Objects Structure, Failure Modes Catalogue, Lists of Technicians, Terminology
- Create “RCM2 Forum” to debate improvements
- Continue aligning criticality studies with Project objectives
- Introduce complementary techniques: CBM, RCS, ECO

Future Recommendations

- Learned Lessons:
 - Advantage of “Full Time Meetings” with respect to “Weekly Meetings”
 - Uninterrupted Group Meetings
 - Fully Equipped Groups Analysis Rooms
 - Commitment of Area Chief with Group Meetings
 - Follow Up Project Meetings
 - Accurate Personnel Selection
 - The Ones Who Knows the Equipment
 - Results Calculation from the Beginning
 - Commitment of Maintenance Engineering Area

Future Recommendations

Synthesis:

- Assure continuity
 - Intensifying actions of support
- Improving “Management of Change” Process
- More involvement and participation of Operations
- Adequate selection of Facilitators and Group Members
- Management Commitment at all levels
- Improvement of SAP-PM
- Lessons Learned

Results Evaluation

Relevant Economics Results

Evaluation origin:

- Results calculations done by analysis groups
- Sample Analysis
- Failure modes sample selected by their relevant effects
- Data:
 - Division IV:
 - 4320 Failure Modes,
 - 54 Systems Analysis,
 - Average of 80 Failure Modes each one
 - Division II:
 - 14740 Failure Modes,
 - 134 Systems Analysis,
 - Average of 110 Failure Modes each one

Relevant Economics Results

Division IV, Example:

- Equipment: 3 Transporting Belts # 21
- Failure Modes: Bearings of Head roll broken due to lack of lubrication
- Frequency: 1 each 2 years
- Maintenance Effect: When bearing brakes head roll stops and belt stops. Some secondary damage concerning axel broken of head roll.
Down Time: 14 hrs. (24 hrs. axel damaged).
Repair: 12 hrs. for changing bearings.
Labor: 6 mechanics y 1 electrician.
Failure Cost $12 \text{ hrs} \times 7 \text{ MH} \times 25 \text{ U\$/MH} = 3100 \text{ U\$}$
Annual failure cost by belt: $3100/2=1550 \text{ U\$}$
Annual failure cost for 3 belts: U\$ 4650

Relevant Economics Results

Division IV, Example:

- Operational Effect: Down time 14 hrs. Production rate: 700 Ton/hr each belt. Copper Law 0,6%, contribution margin 800 U\$/Ton. Recover production up to 4 hrs. stoppage, due to Fine Stock Pile with maximum capacity for 8hrs, an average stock of half capacity is taken.

Loss Production Costs:

$10 \text{ hrs} \times 700 \text{ Ton/hr} \times 0,006 \times 800 \text{ U\$/Ton} = \text{U\$ } 33.600$

For 3 belts: U\$ 100.800

By production rate is recoverable 80% in the rest of the month.

Annual Lost Production Cost: $100.800 \times 0,2 / 2 = \text{U\$ } 10.080$

Relevant Economics Results

Division IV, Example:

- Proposed Task: Visual and noise Inspection and lubrication of bearing. Bimonthly. $2 \times 2 \times 25 \times 6 = \text{U}\$ 600$ per belt
For the 3 belts: U\$ 1.800
- Maintenance savings: Eliminate emergency failure, performing bearing change job programmed. In programmed jobs earns 30% with respect to emergency (average).
- Cost of prevention $4.650 \times 0,7 + 1.800 = \text{U}\$ 5.055$

Net Maintenance Savings: $4.650 - 5.055 = - \text{U}\$ 405$

- Operational Benefit estimated: When eliminating emergency failure, eliminates emergency stoppage. When stoppage is programmed, there is no operational loss.

Net Operational Benefit: U\$ 10.080

Total Annual Benefit: U\$ 9.675

Relevant Economics Results

Division IV:

- Concentrator
- Open Mine
- Underground Mine
- Foundry and Refinery
- Hydrometallurgy
- Transport and Milling
- Secondary and Tertiary Milling

Division II:

- Plants
- Mine

Relevant Economics Results

Division IV:

- 54 Analysis
- 4320 Failure Modes
- Sample
 - 42 Failure Modes

Division II:

- 134 Analysis
- 14740 Failure Modes
- Sample
 - 46 Failure Modes

Relevant Economics Results

Division IV	Cant. FM	U\$S Maintenance Savings	U\$S Operational Benefits	U\$S Total Benefits	% de FM Implemented	Benefits of FM Implemented
Concentrator	9	7.300	66.600	73.900	100 %	73.900
Open Mina	11	56.700	175.800	232.500	100 %	232.500
Underground Mine	2	23.800	84.500	108.300	100 %	108.300
Foundry and Refinery	6	-1.300	191.400	190.100	83 %	173.600
Hydrometallurgy	3	6.100	54.300	60.400	100 %	60.400
Transport	6	3.300	123.800	127.200	100 %	127.200
Milling	5	6.400	45.800	52.200	60 %	30.300
TOTAL	42	102.300	742.200	844.500	92 %	806.000 (95 %)

Relevant Economics Results

CONCLUSIONS

Division IV:

- Extrapolating to the Division with 54 Analysis and 4320 Failure Modes
- Estimates of FM:
 - 5 % (216) generates a benefit like the calculated
 - 20.000 U\$S/FM
 - 20 % (864) generate 1000 U\$S/FM total annual benefit
 - The other FM do not generate any benefit

Relevant Economics Results

CONCLUSIONS

Division IV:

Annual Benefit

Maintenance	U\$S 600.000
Global (O+M)	U\$S 5.000.000

Relevant Economics Results

Division II	Nº FM	U\$S Maintenance Savings	U\$S Operational Benefit	U\$S Total Benefit	% Implemented FM	Benefit of Implemented FM
Plant	16	190.000	15.000.000	15.300.000	38 %	2.300.000
Mine	30	4.200.000	23.800.000	28.000.000	10 %	11.600.000
TOTAL	46	4.400.000	38.800.000	43.300.000	20 %	13.900.000 (32 %)

Relevant Economics Results

CONCLUSIONS

Division II:

- Extrapolating to the Division with 134 Analysis and 14740 Failure Modes
- Estimates of FM:
 - 1 % (147) generates a benefit like the calculated
 - 940.000 U\$S/FM
 - 20 % (2941) generates 1000 U\$S/FM de total annual benefit
 - The other FM do not generate any benefit

Relevant Economics Results

CONCLUSIONS

División II:

Beneficio Anual

Maintenance	U\$S 14.300.000
Global (O+M)	U\$S 141.500.000

Relevant Economics Results

COMMENTS

- Production of Division II is 6 times bigger than Division IV.
- Copper Law in Division II is much higher than Division IV.
- Production costs in Division IV are much bigger than Division II, due to technology used in each Division.
- Probably, these are part of the reasons why operational benefits generated by the increased availability and reliability of Division II appear as much higher than the ones generated in Division IV.
- All values are calculated with copper price at December 2004 – March 2005.

Conclusions

- Highly Profitable Project
- Internal Cost 3 M U\$S
- External Cost 1,5 M U\$S
 - Relation 2:1, Internal Cost : External Cost
 - Total Cost per Analysis Done U\$S 7.900
 - Value that diminishes when performing more analysis
- Benefits higher than 100 M U\$S
- Benefits by FM between U\$S 1000 a 940.000 annual en at least 20 % of FM
- Rate of 6 FM/Hr
 - Reachable with consultant support in 50% of the meetings
- MH planning / MH analysis = 15 %

Thank you very much for your attention

Santiago Sotuyo Blanco, IE, CMRP
ELLMANN, SUEIRO Y ASOCIADOS
sotuyo@ellmann.net
www.ellmann.net

Certified ISO 9001:2000
in Argentina and Chile

