

**DETERMINACIÓN DE ESPESOR
DE
TUBERÍA EN POZOS PRODUCTORES
CAMPO RIO GRANDE**

Preparado por: Edwin Mariaca

OCTUBRE 2001

CONTENIDO

ABSTRACTO

ANTECEDENTES

ASPECTO DE MONITOREO DE LA CORROSION EN POZOS PRODUCTORES

TÉCNICAS DE MONITOREO DE CORROSIÓN COMUNMENTE APLICADAS

- TÉCNICAS DE CUPONES
- CONTROL DE HIERRO DISUELTO
- INSPECCION VISUAL

ENSAYOS POR CALIPER

INFORMACIÓN GENERADA POR CALIPER

SELECCIÓN DE POZOS PARA MONITOREAR MEDIANTE CALIPER

INFORME PRIMER MONITOREO POR CALIPER EN POZOS CAMPO RIO GRANDE

INFORME SEGUNDO MONITOREO POR CALIPER EN POZOS CAMPO RIO
GRANDE

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

ANEXO A

ANEXO B

ANEXO C

BIBLIOGRAFIA

DETERMINACION DE ESPESOR EN TUBERÍAS DE POZOS

ABSTRACTO:

Dentro de las actividades importantes desarrollada en los campos que pertenecen al área centro de la empresa Andina S.A. fue la determinación de espesor de tubería de producción de pozos, esta actividad fue desarrollada con la finalidad de conocer exactamente el estado de este material, teniendo en cuenta el tiempo de producción y el daño que puede causar al espesor de la tubería la producción de agua salada contenido de dióxido de carbono (efectos de corrosión) que muchos de ellos producen, asociado a esto la producción de arena de formación que aportan las formaciones productoras de hidrocarburos (efecto de erosión).

El hecho de que algunos pozos se encontraban con presiones en espacio anular, fue motivo de preocupación para realizar una evaluación por medio de determinación de espesor y de esta forma corroborar la existencia de pitting o rotura de tubería.

Este trabajo muestra el grado de desgaste que han sufrido la tuberías en su espesor (% de desgaste comparando con su espesor original), debido a los factores antes mencionados, muchos de ellos en mas de 25 años de producción.

Los resultados obtenidos de esta actividad, dio lugar a realizar diversos programas como: protección anticorrosiva a tuberías de producción y líneas de conducción, optimizar programas de intervención de pozos (Work-over), prevención para evitar descontrol de pozos y contaminación de medio ambiente.

ANTECEDENTES:

El campo Río Grande se encuentra ubicado en el departamento de Santa Cruz de la Sierra, distante a 55 km al Sur este de la ciudad capital. Este campo empezó su explotación a fines de la década de los años 60, desde su inicio fue productor de hidrocarburos gas condensado, cuyas características no han variado sustancialmente con el tiempo (ver cuadro 1 anexo A).

ASPECTOS DE MONITOREO DE LA CORROSION EN POZOS DE PRODUCCIÓN:

Establecer una manera segura y precisa que nos permita predecir fallas en tuberías de petróleo causadas por la producción de fluidos, es un dilema que ha plagado a la industria petrolera y gasífera a lo largo de su historia.

Los avances tecnológico logrados en los métodos de monitoreo de la corrosión en tuberías de producción, brindan la forma más efectiva para reducir los costos asociados con problemas generados por la corrosión, estos costos adicionales que representan un efectivo programa de monitoreo será plenamente justificable económicamente cuando se lo pueda medir frente a las demás alternativas disponibles.

TÉCNICAS DE MONITOREO DE CORROSIÓN COMÚNMENTE APLICADOS:

Los métodos comúnmente aplicados y de mayor efectividad para el monitoreo de la corrosión en tubería de producción son:

- Técnicas de cupones
- Conteo de hierro disuelto
- Inspección visual
- Ensayos por calíper

TÉCNICAS DE CUPONES:

Es el método más antiguo y difundido para medir la corrosión en sistemas cerrados. Este sistema de monitoreo es relativamente simple, de bajo costo y provee una evidencia visual de la actividad corrosiva. En campos donde el número de pozos en producción es elevado, este procedimiento permite generar información acerca de la actividad corrosiva, en todos los pozos de ese yacimiento, económicamente.

Debe subrayarse, no obstante, que la efectividad de la información obtenida mediante este procedimiento esta basada en las condiciones encontradas en el punto de instalación. Asumir que las mismas condiciones corrosivas existen e miles de pies de distancia de la muestra, puede conducirnos a conclusiones equivocadas. Generalmente la composición química de los fluidos cambia considerablemente entre los punzados y la cabeza del pozo. Especialmente en pozos cuya producción combina crudo, gas, agua, CO₂ y H₂S.

Es también importante que se adopten precauciones para asegurar la consistencia en los procedimientos de manejo y análisis en cualquier programa de monitoreo que utilice esta variante.

Variaciones inexplicables y sorprendentes en la información obtenida mediante esta metodología han tenido su origen en la inconsistencia de los procedimientos de manejo y análisis.

CONTEO DE HIERRO DISUELTO:

La medición de la cantidad de hierro disuelta en agua producida durante intervalos regulares puede proporcionar información cualitativa para el calculo de perdida de metal en los pozos. Las conclusiones generadas mediante el monitoreo de esta información están generalmente condicionados por:

- a) Determinar que efectivamente existe o no disminución en el espesor de pared en la tubería de producción.
- b) Si dicho índice aumenta, disminuye o permanece relativamente constante.

Como el tiempo que media para la falla de una cañería de producción es una función del índice de crecimiento de las picaduras del material y no de la perdida de metal, en líneas generales, la información obtenida mediante el uso de monitoreo por calculo de hierro, no se correlaciona directamente con los daños o fallas detectadas en la cañería del pozo. El monitoreo mediante la presencia de hierro es muy sensible a errores originados en la inadecuada o inconsistente recolección y análisis de la muestra. Medidas adecuadas deben implementarse para asegurar procedimientos de manejo y análisis correctos en cualquier programa empleando calculo de hierro.

INSPECCION VISUAL:

Los equipos fuera de servicio provee la mas confiable información acerca de la actividad corrosiva. Si bien las inspecciones visuales del interior de una cañería de producción son raramente justificables económicamente para el monitoreo de corrosión, oportunamente para inspeccionar y registrar algún daño corrosivo en los componentes internos de las válvulas de la cabeza del pozo, o cualquier otro componente recuperable mediante “Wire Line”, pueden darse frecuentemente.

Un programa bien organizado y ejecutado de registro de daño corrosivo observado en estranguladores, válvulas de cabeza, cabeza de acero y otros componentes recuperables del pozo pueden proporcionarnos información que acrediten o desacrediten las conclusiones obtenidas mediante el análisis de otro sistema de monitoreo.

ENSAYOS POR CALIPER:

Proporcionan la mas completa información para monitorear el daño corrosivo en la pared interna de los caños de producción. Los calipers proporcionan una medida directa del daño

corrosivo en la pared interna del caño. Estos instrumentos son bajados dentro del caño por un cable de acero y registran el daño corrosivo mediante unos pequeños sensores que están en contacto directo con la pared del caño. Los estudios con calibrador proporcionan información para determinar la severidad y distribución del daño corrosivo a lo largo de la cañería en cualquier punto y en cualquier momento. La información recopilada en tomas consecutivas de la misma cañería es usada para estimar tanto el tiempo de duración probable de cañería como el lugar en la cañería con mayores probabilidades de deterioro.

A pesar de que estudios con calipers pueden proporcionar mucha información con respecto a la superficie interna de la cañería estudiada, existen algunas limitaciones que son inherentes a todos los calipers multi-sensores. Los calipers multi-sensores son herramientas de muestreo siendo por lo tanto inevitable la no registración de algunas picaduras de la pared de la cañería debido al espacio existente entre los sensores del caliper. Las dimensiones físicas de los pequeños sensores de estos instrumentos, al no poder penetrar al fondo en las picaduras profundas de diámetro pequeño, no son registrables. Incrustaciones y deposiciones en la cañería pueden disimular el daño corrosivo haciendo más difícil la registración mediante los sensores del caliper.

Los pequeños sensores del caliper al pasar por la cañería, pueden remover las incrustaciones depositadas en las paredes internas de la cañería durante el ensayo, dejando el metal al descubierto y expuesto al ataque corrosivo. La resultante huella dejada por el caliper, al pasar, puede ser evitada tratando el tubo con inhibidor de corrosión inmediatamente después que el monitoreo es realizado. **Si bien la mayoría de los calipers están diseñados para operar sin causar daño alguno al recubrimiento plástico a las paredes internas de la cañería de producción, los operadores deben consultar, tanto a la empresa responsable de aplicar el recubrimiento como a la responsable de prestar el servicio de caliper, antes de empezar el trabajo en caños con recubrimiento plástico. Generalmente, el riesgo de daño al recubrimiento plástico por los sensores del calibrador es mucho menor que el causado por el roce del cable de acero. Mas allá de las limitaciones enumeradas anteriormente, programas de monitoreo mediante calibradores han demostrado ser más efectivos en reducir los costos de cañerías de producción falladas que cualquier otra técnica de monitoreo existente.**

Las mayores ventajas del caliper de estilete único, para aplicaciones de monitoreo de corrosión, son su bajo costo y la sencillez de la interpretación de la información generada. Comparativamente, los costos por el uso de este caliper serán generalmente menores que los incurridos por el empleo de otros tipos de calibradores multi-sensores. El caliper al utilizar un sistema de registración analógica permite la resolución vertical de la grabación a una velocidad relativamente elevada de 80 pies/minuto. La información es presentada mediante un trazo de una sola línea que gráficamente representa el porcentaje remanente de pared como función de la profundidad, permitiendo una rápida interpretación en el mismo lugar del ensayo. Se requiere muy poca experiencia para la interpretación de los resultados generados por el caliper de estilete único. Las principales desventajas de esta herramienta son su falta de actitud para determinar la extensión radial o la distribución del daño y para indicar la excentricidad del mismo. En pozos desviados o con pronunciada pérdida de pared interna, resulta muy difícil determinar si el grado de desviación máxima del sensor es producto de la excentricidad de la herramienta, o de la pérdida de pared interna. Muchas

empresas internacionales ofrecen servicios con caliper multi-censor de estilete dual. Estos tipos de caliper son comúnmente conocidos como calipers “MAX-MIN” porque registran tanto el radio absoluto a la punta del censor que esta mas alejado del cuerpo como la que esta más cercana al mismo.

INFORMACIÓN GENERADA POR CALIPERS:

La información generada por calipers como parte de un programa de monitoreo de la corrosión se utiliza para los siguientes propósitos:

- 1.- Predecir el tiempo crítico de comunicación con la cañería anular resultante del daño corrosivo.
- 2.- Predecir el tiempo critico que media hasta alcanzar el punto de mínima resistencia de la cañería.
- 3.- Determinar los mecanismos generadores de corrosión en los pozos.

Información generada mediante el uso de los calipers ha sido utilizada exitosamente durante muchos años para predecir el momento a partir del cual las picaduras corrosivas penetraran las paredes de los tubos de producción. El método mas difundido para predecir este tipo de fallas en la cañería es mediante gráficos que proyectan la probabilidad estadística de que la falla ocurra, por efecto del daño corrosivo ya detectado “Pit Depth Rank”. Estos gráficos están basados en la teoría estadística de los valores extremos. Son utilizados para determinar la máxima profundidad de la picadura presente en cañerías muy afectadas por los daños corrosivos. La ocasión probable de máxima penetración en la cañería es determinable basado en la distribución estadística de las penetraciones mas profundas registradas en cada tramo de la cañería de producción ensayado. El índice de crecimiento de la profundidad del daño puede ser estimado mediante el uso de calipers durante intervalos regulares, y dividiendo el cambio registrado de la profundidad máxima de la picadura predecible entre ensayos por el intervalo de tiempo que media entre ensayos. El cambio producido en la máxima profundidad de la picadura entre ensayos puede ser gráficamente representado en un cuadro que registra información sucesiva de varios ensayos en forma combinada.

Estos gráficos pueden ser contruidos con la información generada por cualquier caliper multi-censor.

Es importante señalar que la información “máxima profundidad probable de daño” generada por el calipers es un valor cualitativo. Este valor presume que la metalurgia del caño y los fluidos corrosivos son homogéneos a lo largo de todo el intervalo ensayado. Tomando literalmente, presume que la profundidad de las picaduras registradas representan la máxima penetración encontradas por los sensores del caliper. Los índices de crecimiento de penetración de las picaduras registradas por los gráficos mencionados deben ser considerados de la misma manera que los índices derivados del calculo de hierro.

Los mismos son útiles para determinar si existe o no un índice de crecimiento de penetración de picadura o si la misma se mantiene constante.

Es también importante que los cambios en las propiedades de los fluidos, los índices de producción y los tratamientos con inhibidores, sean ponderados cuando se proyectan los índices de crecimiento calculado de penetración corrosiva. El hecho de que los sensores del caliper no necesariamente registren todas las picaduras corrosivas que encuentran a su paso, hace recomendaciones ponderar un margen de seguridad que varía entre un 10 y un 30 % del grosor de la pared del tubo-dependiendo cuán crítico resulta evitar la comunicación del contenido del caño de producción con el casing-por efectos del daño corrosivo.

La información generada por ensayos efectuados con calipers son frecuentemente utilizados para identificar mecanismos de corrosión en pozos. La correcta identificación de determinado mecanismo de corrosión actuando en un tubo de producción puede generar ahorros considerables, permitiendo una mejor selección de materiales de reemplazo, de inhibidores químicos, y provocando cambios en los procedimientos aplicados a operaciones de mantenimiento. Los resultados obtenidos mediante el análisis químicos de los fluidos producidos y modelos de equilibrio de fase de fluido-columna (Fluid column phase Wquilibrium models), contribuyen a limitar el número de posibles mecanismos de corrosión que actúan en una cañería de producción. Sin embargo, los resultados de estos ensayos no siempre son concluyentes.

SELECCIÓN DE POZOS PARA MONITOREAR MEDIANTE CALIPERS:

En los yacimientos con relativamente pocos pozos en producción, un programa de monitoreo de corrosión en donde se incluyen inspecciones mediante el uso de calipers en todos los pozos, puede ser el procedimiento más indicado para optimizar los costos de producción. Llevar a cabo estas inspecciones regularmente en yacimientos grandes puede resultar ser operacional o económicamente poco recomendable. En estos casos, varios pozos “representativos” deben ser seleccionados para inspecciones regulares mediante calipers, aplicando el servicio de calipers en los demás pozos cuando sea necesario o previo trabajos de “**workover**”.

Deben tenerse presente los siguientes atributos en la selección de pozos para ser inspeccionados regularmente mediante caliper:

1. - Cuando la información obtenida mediante cupones y/o conteo de hierro indica alto índice de corrosión relativo.
2. - Ensayos de fluidos indican presencia relativamente elevada de CO₂ o H₂S.
3. - Modelos de equilibrio de fase reflejan la presencia de agua libre en la mayor parte de la columna de fluido.
4. - Una gran proporción del entubado está muy desviado.
5. - Fallas anteriores de la cañería reflejan índices de penetración corrosivas elevadas.

6. - El riesgo de excesivo daño ambiental o pérdida de vidas humanas, debido a la falta de un manejo adecuado del yacimiento es muy elevado.

Información generada por programas de inspección en pozos de alto riesgo, mediante el uso de calibradores pueden ser utilizado para aproximar los índices de fallas en otros pozos del mismo yacimiento con información obtenida mediante la correlación de muestras de material consumido, calculo de hierro, e inspecciones visuales.

INFORME DEL PRIMER MONITOREO POR CALIPER EN POZOS CAMPO RIO GRANDE:

El año 1999 se desarrollo en campo Río Grande un programa para evaluar por medio de caliper, las tuberías de producción de pozos. Esta actividad fue desarrollada con la intención de conocer el estado actual de las tuberías y consecuentemente analizar los resultados para tomar acciones y prevenir situaciones de riesgo.

La elección de los pozos estuvo basado en un análisis de su producción de agua, salinidad y concentración de dióxido de carbono en el gas. La salinidad del agua varía entre 3000 y 10000 ppm como ión cloro y concentraciones de dióxido de carbono alrededor de 0.30 % mol. Los pozos fueron los siguientes:

RGD-27, RGD-15LC, RGD-60, RGD-22, RGD-30LL, RGD-50LC, RGD-13, RGD-62, RGD-39, RGD-51T y RGD-2T.

La evaluación de los informes o registros de determinación de espesor de los 11 pozos realizados en una primera etapa en este campo, muestra el estado en que se encuentran las tuberías. (ver cuadro N° 2 Anexo A).

Los valores mostrados en el cuadro fueron extraídos de los informes de cada uno de los pozos analizados y registrados. En este reporte se puede observar sistemáticamente los porcentaje de desgaste a lo largo de la sarta de tubería, tomando como base de medición el espesor original de la tubería. En la figura 1, 2 del anexo B, se ven por ejemplo el resultado de determinación de espesor por caliper del pozo RGD-60 que el mayor desgaste de la pared de tubería es del 64% y el desgaste en las juntas entre tubería que alcanza al 22%, y en la figura 3 del mismo anexo, el pozo RGD-39 que tiene un desgaste no mayor al 23%, estos dos pozos son los mas representativos para observar los resultados. También se puede ver cortes o perfiles de tubería que tienen mayor desgaste (figura 4, 5, 6 y 7 sucesivamente del anexo B), registrados por los sensores del caliper.

La evaluación realizada a los informes obtenidos y mostrados en el cuadro anterior se clasifica el desgaste de la tubería de la siguiente manera: del 1 a 10 % de desgaste son resultados muy buenos, entre el 11 y 20 % bueno, entre el 21 y 40% resultados regular y lo que están entre el 41 y 85% o mayores son resultados malos. En el cuadro 3 del anexo A se puede ver el porcentaje de tuberías de los pozos en el estado en que se encuentran.

Por otra parte también se hizo una evaluación a las uniones o juntas de las tuberías donde se observa que no existe daño considerable o el daño que tiene están en estado aceptable, como se puede observar en el cuadro 4 anexo A:

Los desgaste existentes en la tubería de producción son graficadas en una hoja semilog, que nos muestra la profundidad de las picaduras presente en la tubería afectados por daños corrosivos la cantidad de huecos en tubería vs. profundidad del agujero en la pared de la tubería (Pit Depth).(Ver grafica 1 y 2 Anexo C).

En base a los resultados de este estudio, se eligieron los pozos con mayor desgaste de pared de tubería y en función del potencial productivo del pozo, para ser sujetos de tratamiento anticorrosivo en base a inhibidores de corrosión.

INFORME DEL SEGUNDO MONITOREO POR CALIPER EN POZOS CAMPO RIO GRANDE:

Luego de efectuado la primera etapa de determinación de espesor, se tomó acciones preventivas para evitar continúe la corrosión en algunos pozos, principalmente en aquellos que producen agua salada y que en los resultados del primer caliper muestran desgaste en sectores de la sarta de la tubería mas del 40% de su espesor. Esta acción preventiva fue para proteger interiormente la pared de la tubería con anticorrosivo acompañado de un monitoreo de corrosión por medio del uso de cupones.

Esta actividad de prevención se realizó en los pozos RGD-15LL, RGD-60T, RGD-13T y RGD-73LC este ultimo pozo nuevo, la intención principal en la segunda etapa de determinación de espesor era principalmente ver los resultados de protección anticorrosiva en estos pozos, pero dos de ellos como el RGD-15LL y el RGD-13T fueron intervenidos por lo tanto se obtuvieron resultados de los dos pozos restantes, también se realizó caliper a otros pozos para observar el avance de corrosión.(Ver cuadro 5 y 6 anexo A).

Los resultados obtenidos del segundo caliper como se puede ver en las figura 8 anexo B, que corresponde al pozo RGD-60 se observa que el avance de la corrosión incrementó y existen en algunas partes de la tubería mas de un 90% de pérdida de espesor de pared los confirman los cortes de secciones de tubería en las figuras 9 y 10 del anexo B. Otro resultado obtenido es del pozo RGD-39 donde se observa que el avance de corrosión es mínimo prácticamente se ha mantenido en relación al anterior determinación de espesor, figura 11 anexo B, y los cortes en las figuras 12 y 13 del mismo anexo. Se hace notar que en este pozo no se realizó protección anticorrosiva.

Realizando un análisis a las graficas Pit Depth con esta segunda etapa de determinación de espesor se puede ver que la recta ha cambiado su curso con el incremento de la corrosión en ambos casos es decir de los pozos RGD-60 y RGD-39. Con este nuevo cambio de pendiente se puede llegar a pronosticar el índice de corrosión por pozo y de esta forma establecer cronogramas para prevenir situaciones de riesgos (Ver gráfica 3 y 4 Anexo C).

CONCLUSIONES:

- 1: Un efectivo programa de monitoreo de la corrosión es un componente esencial de todo esfuerzo de control integral de la corrosión.
- 2: Un programa de monitoreo de corrosión bien diseñado debe incluir mas de una única técnica de monitoreo.
- 3: Un mal diseño de monitoreo de corrosión como ser: inhibidor de corrosión inadecuado, puede dar lugar a reacción con la tubería y acelerar la corrosión, otro caso puede ser una dosificación inadecuada.
- 4: Estudios con calipers multi-censores proporcionan un excelente vehículo para avalar las conclusiones generadas mediante los ensayos con las muestras de material y calculo de hierro.
- 5: Obtener resultados de caliper es importante para programar trabajos preventivos y evitar ocurra situaciones como: descontrol de pozos, contaminación de medio ambiente, perdidas humanas etc.
- 6: Los programas de monitoreos de corrosión mediante ensayos con muestras de material y calculo de hierro proporcionan una herramienta ideal para maximizar la efectividad de costos en un programa de inspección por medio de calipers.
- 7: Los calipers multi-censores multi estilete son los mas indicados para monitorear daño corrosivo en cañería de producción.

RECOMENDACIONES:

- 1: En futuras intervenciones de pozos que se realicen en el campo Río Grande se recomienda sustituir aquellas tuberías que tengan desgastes mayor al 41 % de su espesor que se encuentran identificada en los informes de determinación de espesor.
- 2: En base a los resultados de este estudio, se eligieron los pozos con mayor desgaste de pared de tubería y en función del potencial productivo del pozo para ser sujetos de tratamiento anticorrosivo en base a inhibidores de corrosión.
- 3: Es necesario programar determinación de espesor de acuerdo al análisis de índice de corrosión
- 4: Los resultados obtenidos deben tomarse en cuenta para abaratar costos de intervenciones de pozos (work over).

ANEXO A

CUADRO 1

CARACTERÍSTICAS DE FLUIDOS RIO GRANDE

CROMATOGRAFIA GAS	% Mol	CONCENTRACION DE LICUABLES	
N2	1.557	GLP(Bbls/MMPC)	23.651
CO2	0.083	Gasolina(Bbls/MMPC)	7.175
C1	88.741	F. Compresibilidad Z	0.997
C2	5.409	P. Calorífico(bs ideal)(BTU/PC)	1121.8
C3	2.489	P. Calorífico(bh real)(BTU/PC)	1105.3
IC4	0.283	GRAVEDAD	0.643
NC4	0.689	GRAVEDAD real	0.645
IC5	0.184	PETROLEO Y AGUA	
NC5	0.214	Gravedad petroleo (API)	62.3
C6	0.163	Salinidad de agua Cl-	5800
C7+	0.188	PH agua	7.14
TOTAL	100.00		

Cuadro 2

ESTADO DE TUBERIAS

POZOS	DIAMETRO	PROFUNDIDAD	PORCENTAJE DE DESGASTE DE PARED DE TUBERIA (Pzas)						TOTAL TUBERIAS
	TBERIA Pulg.	Pie	0	1 – 10	11 – 20	21 - 40	41 – 85	> A 85	ANALIZADAS
RGD- 15LL	2 7/8	9030	0	0	16	240	21	0	277
RGD-27	3 ½	9080	206	9	49	20	8	1	293
RGD-60	2 7/8	9145	163	0	39	49	29	0	280
RGD-22	3 ½	8630	7	70	181	21	0	0	279
RGD-30LL	2 3/8	8630	103	105	42	18	1	0	269
RGD-50LC	2 3/8	8470	0	2	34	229	0	0	265
RGD-13	2 7/8	9100	96	88	49	44	2	0	279
RGD-62	2 7/8	8552	32	20	40	166	4	0	262
RGD-39	3 ½	9010	245	10	38	2	0	0	295
RGD-51	2 7/8	8570	147	14	26	64	22	0	273
RGD-2	2 7/8	8626	8	18	170	65	3	0	264

CUADRO 3

CLASIFICACION DE TUBERIAS

POZOS	DIAMETRO TBERIA Pulg.	SIN DESGASTE %	MUY BUENO %	BUENO %	REGULAR %	MALOS %
RGD- 15LL	2 7/8	0	0	5.8	86.6	7.6
RGD-27	3 ½	70.3	3.1	16.7	6.8	3.1
RGD-60	2 7/8	58.2	0	13.9	17.5	10.4
RGD-22	3 ½	2.5	25.1	64.9	7.5	0
RGD-30LL	2 3/8	38.3	39	15.6	6.7	0.4
RGD-50LC	2 3/8	0	0.8	12.8	86.4	0
RGD-13	2 7/8	34.4	31.5	17.6	15.8	0.7
RGD-62	2 7/8	12.2	7.6	15.3	63.4	1.5
RGD-39	3 ½	83.1	3.4	12.9	0.7	0
RGD-51	2 7/8	53.8	5.1	9.5	23.4	8.1
RGD-2	2 7/8	3	6.8	64.4	24.6	1.1

CUADRO 4

ESTADOS DE UNIONES O JUNTAS

POZOS	DIAMETRO	PROFUNDIDAD	PORCENTAJE DE DESGASTE EN UNIONES DE TUBERIA (Pzas)						TOTAL TUBERIAS
	TBERIA Pulg.	Pie	0	1 – 10	11 – 20	21 - 40	41 - 85	> A 85	ANALIZADAS
RGD- 15LL	2 7/8	9030	268	0	7	2	0	0	277
RGD-27	3 ½	9080	280	2	4	7	0	0	293
RGD-60	2 7/8	9145	263	4	12	1	0	0	280
RGD-22	3 ½	8630	276	0	3	0	0	0	279
RGD-30LL	2 3/8	8630	256	3	10	0	0	0	269
RGD-50LC	2 3/8	8470	262	0	3	0	0	0	265
RGD-13	2 7/8	9100	275	0	3	1	0	0	279
RGD-62	2 7/8	8552	156	2	99	5	0	0	262
RGD-39	3 ½	9010	0	0	0	0	0	0	0
RGD-51	2 7/8	8570	263	0	9	1	0	0	273
RGD-2	2 7/8	8626	247	0	13	4	0	0	264

CUADRO 5

ESTADO DE TUBERIAS

POZOS	DIAMETRO	PROFUNDIDAD	PORCENTAJE DE DESGASTE DE PARED DE TUBERIA (Pzas)						TOTAL TUBERIAS
	TBERIA Pulg.	Pie	0	1 – 10	11 – 20	21 - 40	41 – 85	> A 85	ANALIZADAS
RGD-30LL	2 3/8	8610	221	0	42	6	0	0	269
RGD-31LL	2 7/8	9060	190	58	42	2	0	0	292
RGD-39T	3 1/2	9010	202	36	43	2	0	0	279
RGD-60T	2 7/8	9145	108	19	54	53	42	4	280
RGD-73	2 3/8	8750	175	0	106	1	0	0	282

CUADRO 6

ESTADO DE UNIONES O JUNTAS

POZOS	DIAMETRO TUBERIA Pulg.	PROFUNDIDAD Pie	PORCENTAJE DE DESGASTE EN UNIONES DE TUBERIA (Pzas)						TOTAL TUBERIAS ANALIZADAS
			0	1 – 10	11 – 20	21 - 40	41 - 85	> A 85	
RGD-30LL	2 3/8	8610	256	1	12	0	0	0	269
RGD-31LL	2 7/8	9060	269	23	0	0	0	0	292
RGD-39T	3 1/2	9010	0	0	0	0	0	0	0
RGD-60T	2 7/8	9145	253	10	12	5	0	0	280
RGD-73	2 3/8	8750	0	0	0	0	0	0	0

ANEXO B

FIGURA 1

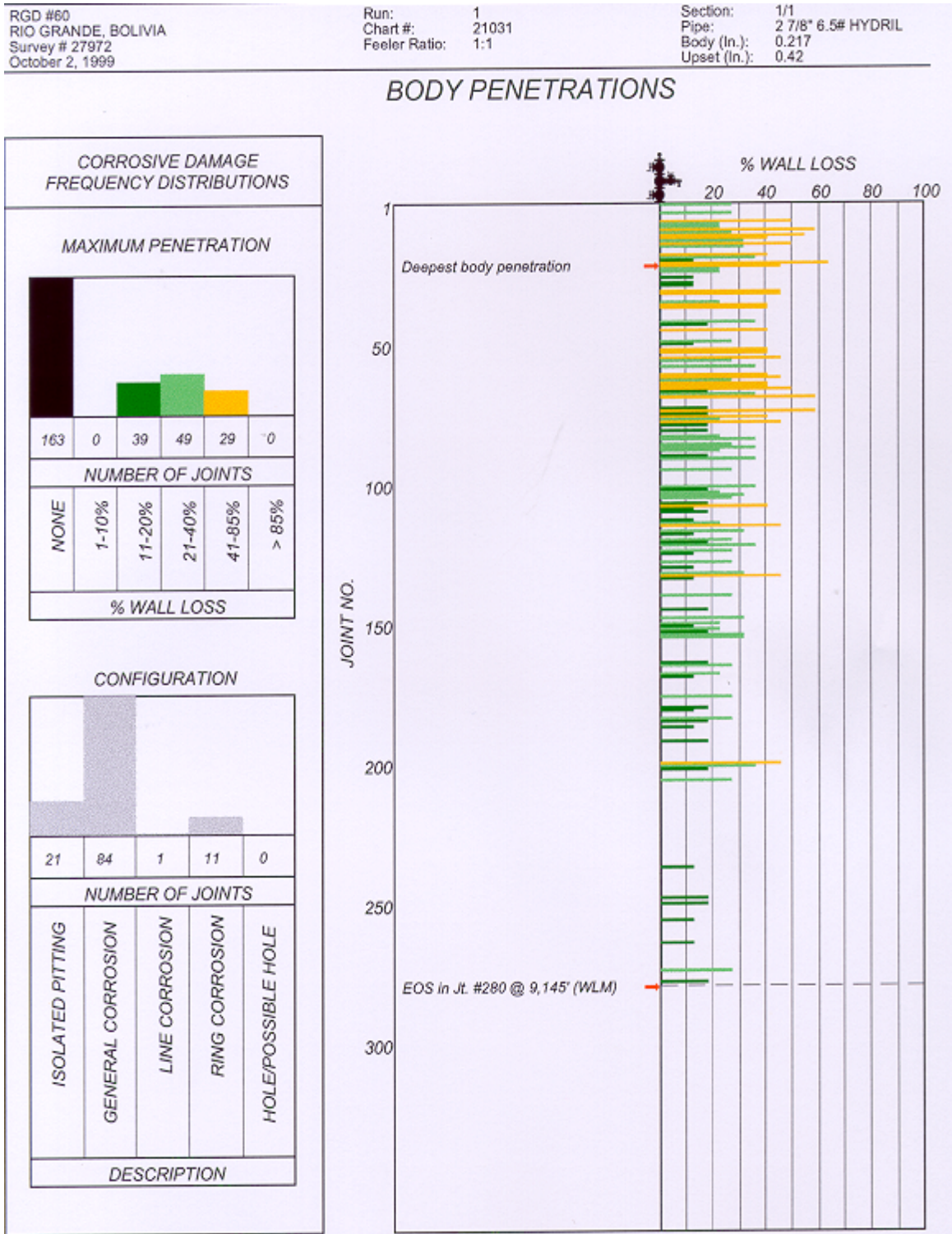


FIGURA 2

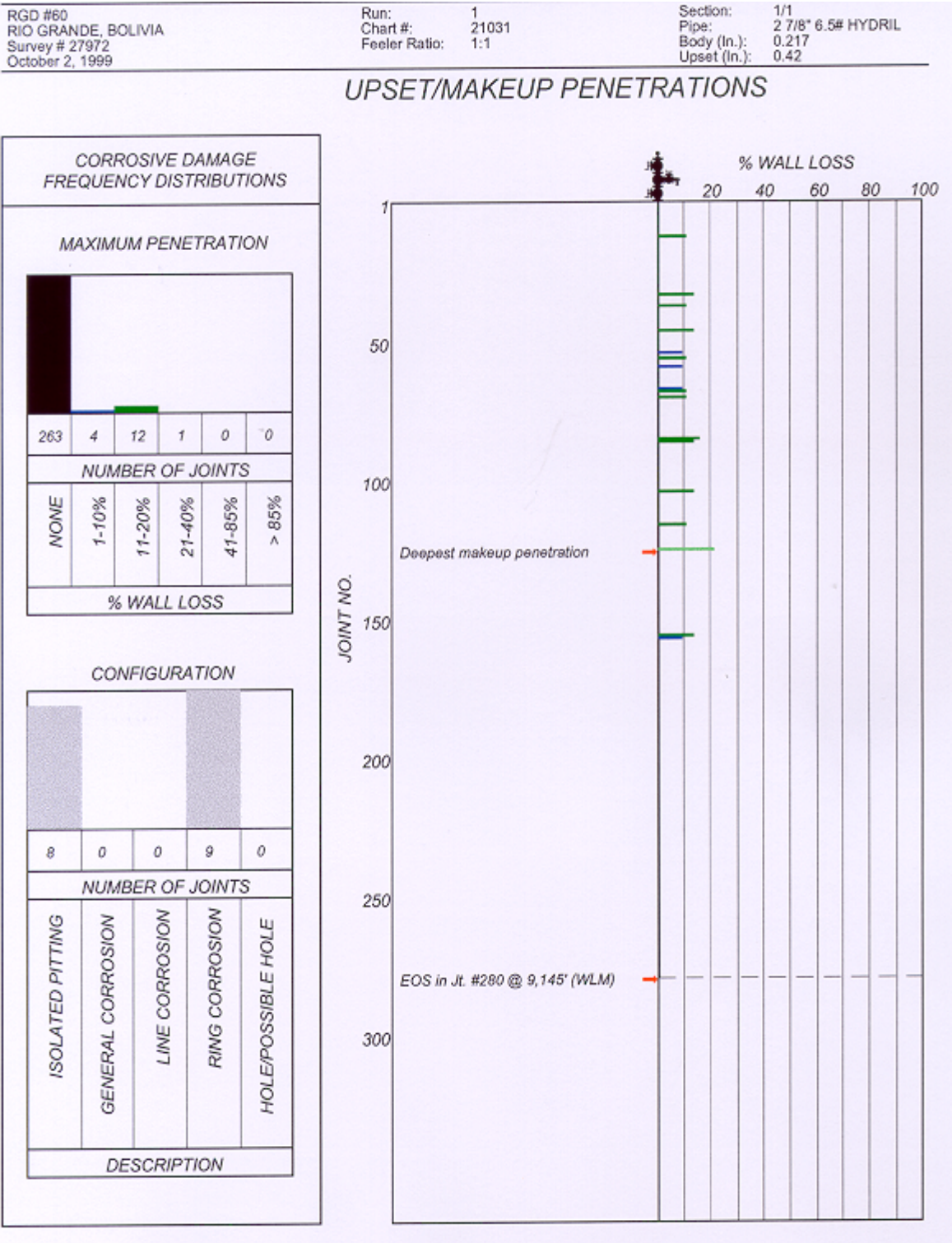


FIGURA 3

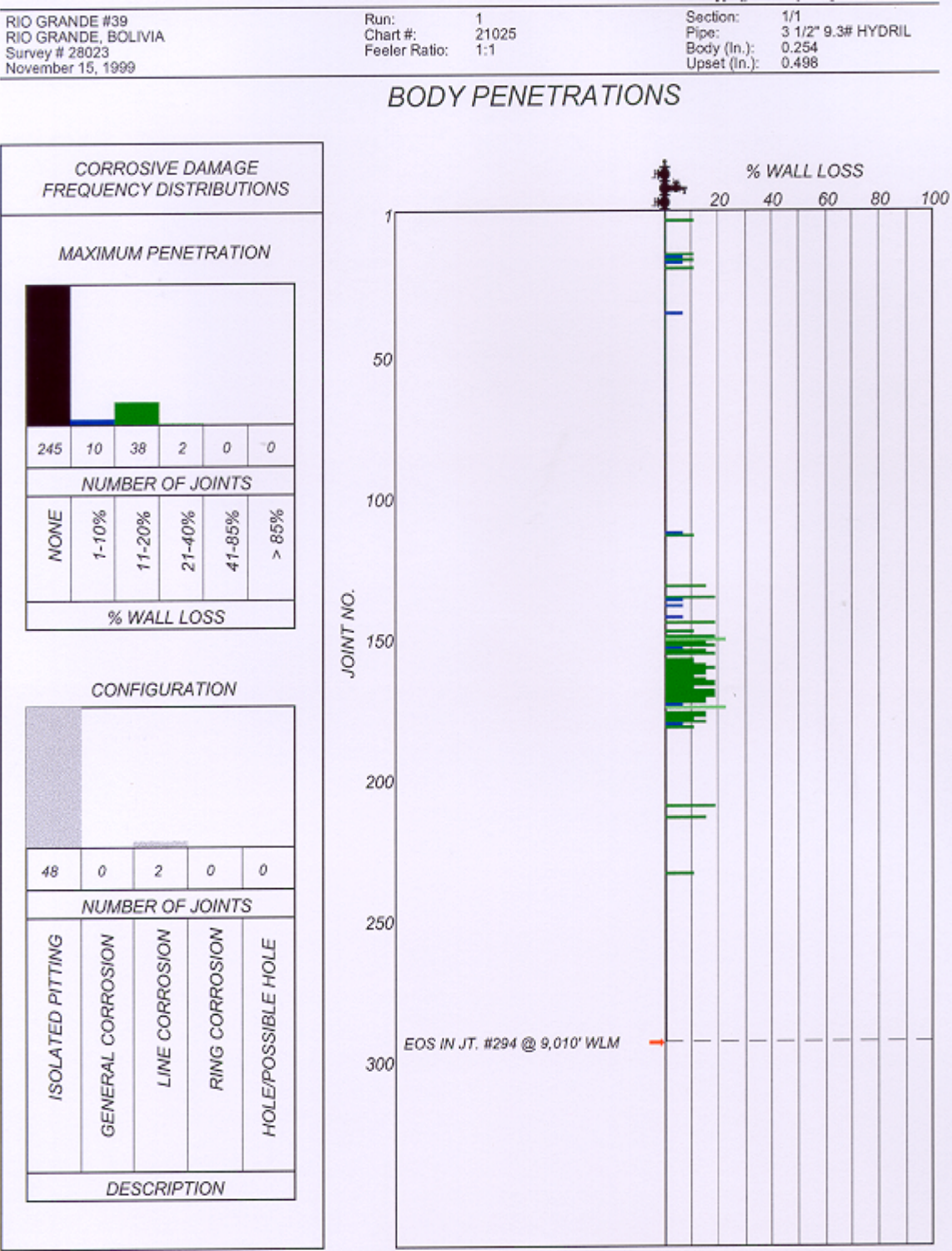
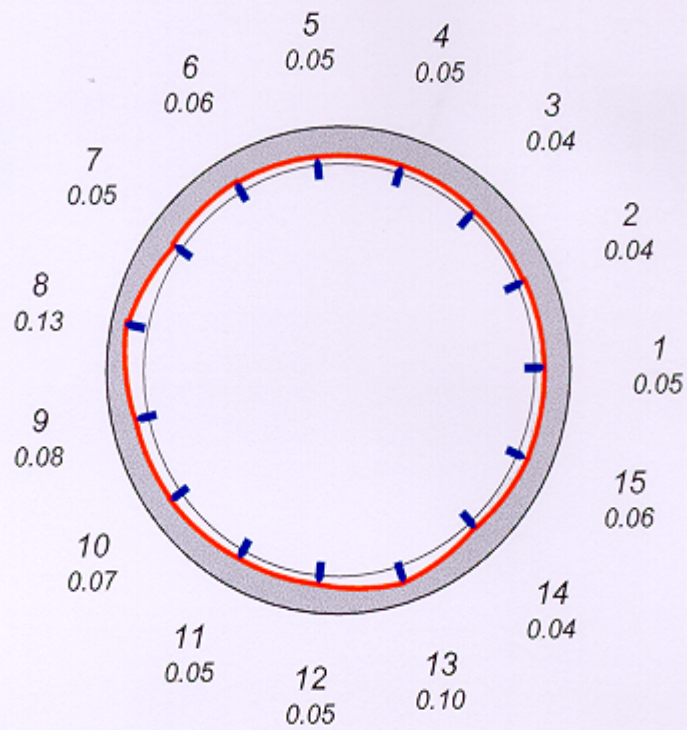


FIGURA 4

RGD #60
RIO GRANDE, BOLIVIA
Survey # 27972
October 2, 1999

Run: 1
Joint #: 70
Position: 1

2 7/8" 6.5# HYDRIL
2.875(In.) O.D.
2.441(In.) I.D.



JOINT #70 - CORROSION UPPER BODY - 0.13" = 59%

Percent Area Reduction: = 26.97 %

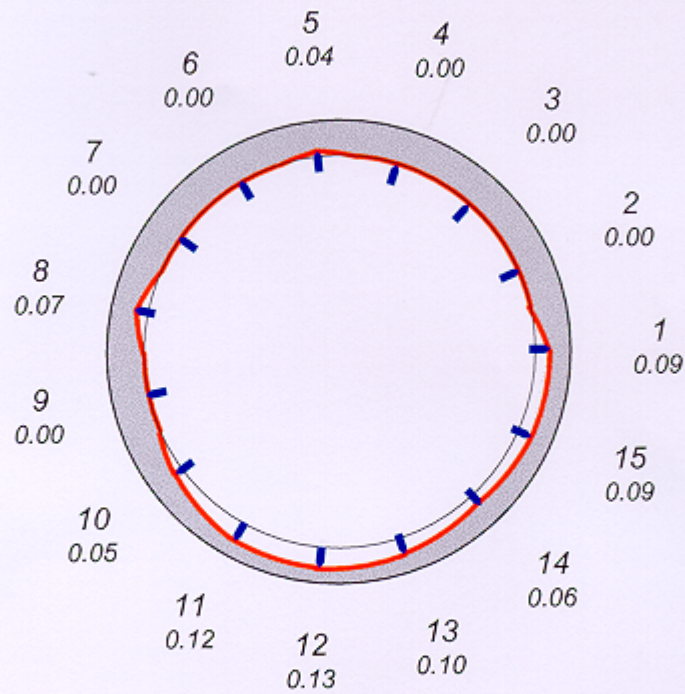
Total Area Remaining = 1.32 Sq.In.

FIGURA 5

RGD #60
RIO GRANDE, BOLIVIA
Survey # 27972
October 2, 1999

Run: 1
Joint #: 75
Position: 1

2 7/8" 6.5# HYDRIL
2.875(In.) O.D.
2.441(In.) I.D.



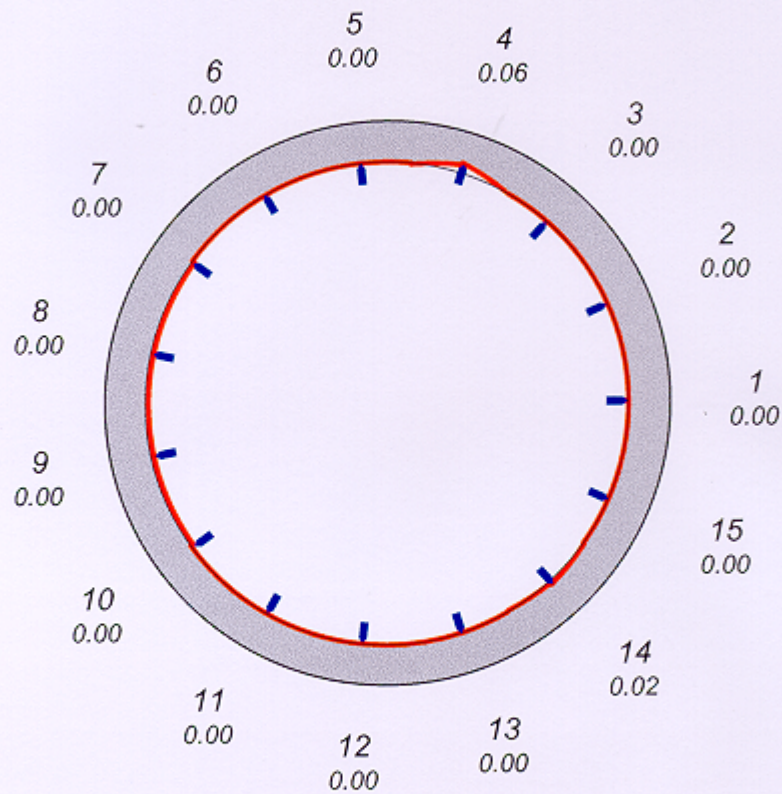
JOINT #75 - PARTIAL RING UPPER BODY AT UPSET - 0.13" = 59%
Percent Area Reduction: = 19.54 % Total Area Remaining = 1.46 Sq.In.

FIGURA 6

RIO GRANDE #39
RIO GRANDE, BOLIVIA
Survey # 28023
November 15, 1999

Run: 1
Joint #: 152
Position: 1

3 1/2" 9.3# HYDRIL
3.500(In.) O.D.
2.992(In.) I.D.



JOINT #152 PIT UPPER BODY 0.06" = 23%

Percent Area Reduction: = 1.36 %

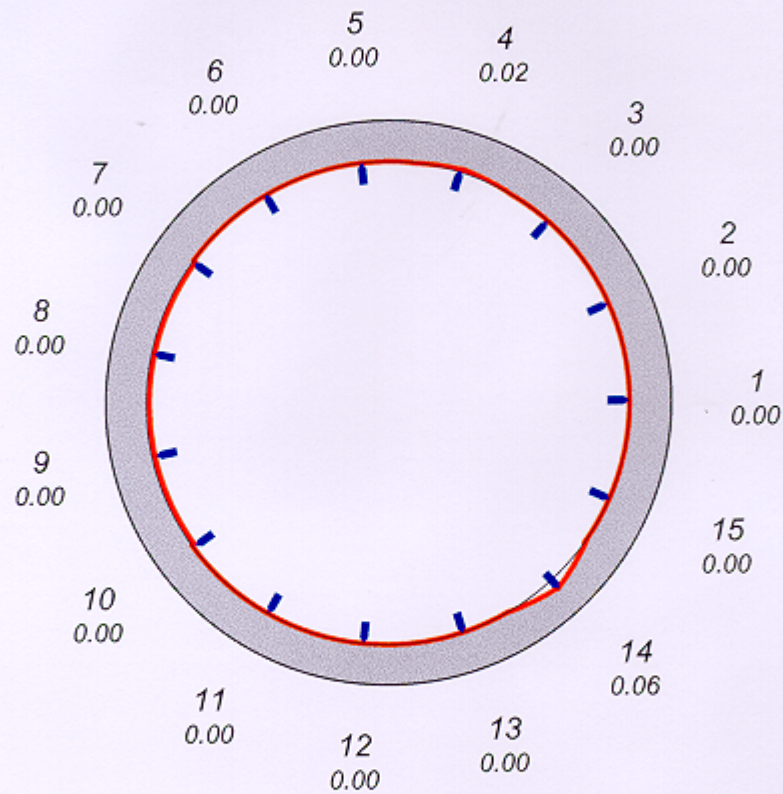
Total Area Remaining = 2.55 Sq.In.

FIGURA 7

RIO GRANDE #39
RIO GRANDE, BOLIVIA
Survey # 28023
November 15, 1999

Run: 1
Joint #: 176
Position: 1

3 1/2" 9.3# HYDRIL
3.500(in.) O.D.
2.992(in.) I.D.



JOINT #176 PIT UPPER BODY 0.06" = 23%

Percent Area Reduction: = 1.36 %

Total Area Remaining = 2.55 Sq.In.

FIGURA 8

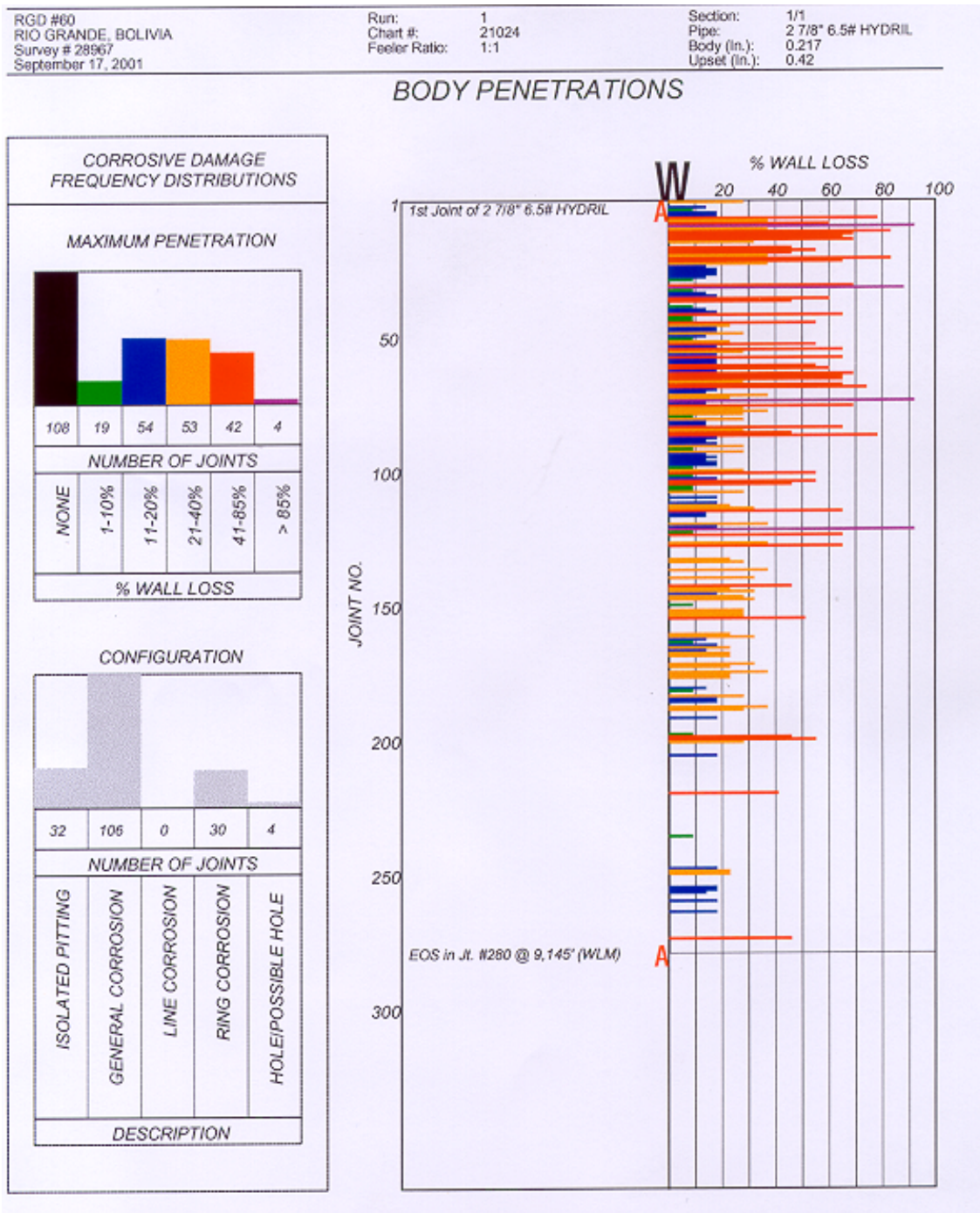
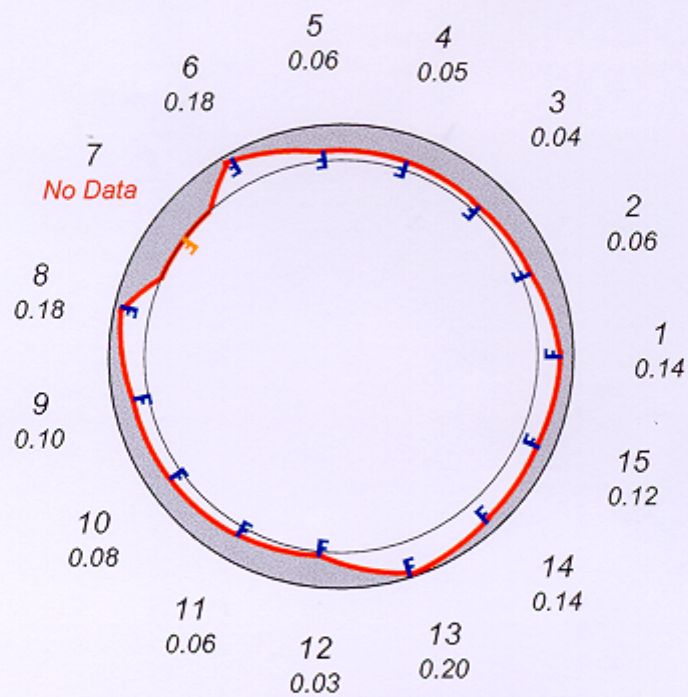


FIGURA 9

RGD #60	Run: 1	2 7/8" 6.5# HYDRIL
RIO GRANDE, BOLIVIA	Joint #: 10	2.875(In.) O.D.
Survey # 28967	Position: 8	2.441(In.) I.D.
September 17, 2001		



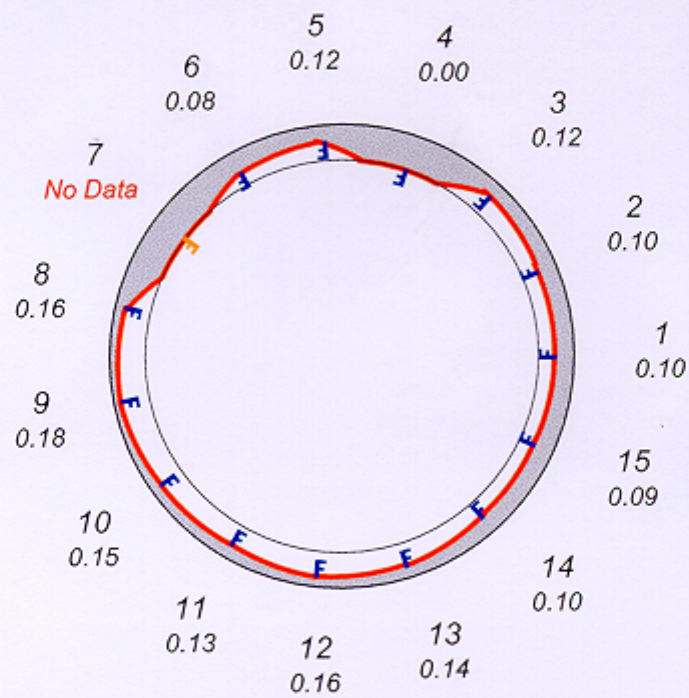
JOINT #10 POSSIBLE HOLE IN CORROSION LOWER BODY 0.20" = 92%
Percent Area Reduction: = 40.04 % Total Area Remaining = 1.09 Sq.In.

FIGURA 10

RGD #60
RIO GRANDE, BOLIVIA
Survey # 28967
September 17, 2001

Run: 1
Joint #: 22
Position: 2

2 7/8" 6.5# HYDRIL
2.875(In.) O.D.
2.441(In.) I.D.



JOINT #22 COROSION UPPER BODY 0.18" = 83%

Percent Area Reduction: = 45.05 %

Total Area Remaining = 1.00 Sq.In.

FIGURA 11

RGD #39
RIO GRANDE, BOLIVIA
Survey # 28969
September 21, 2001

Run: 1
Chart #: 21019
Feeler Ratio: 1:1

Section: 1/1
Pipe: 3 1/2" 9.3# HYDRIL
Body (In.): 0.254
Upset (In.): 0.498

BODY PENETRATIONS

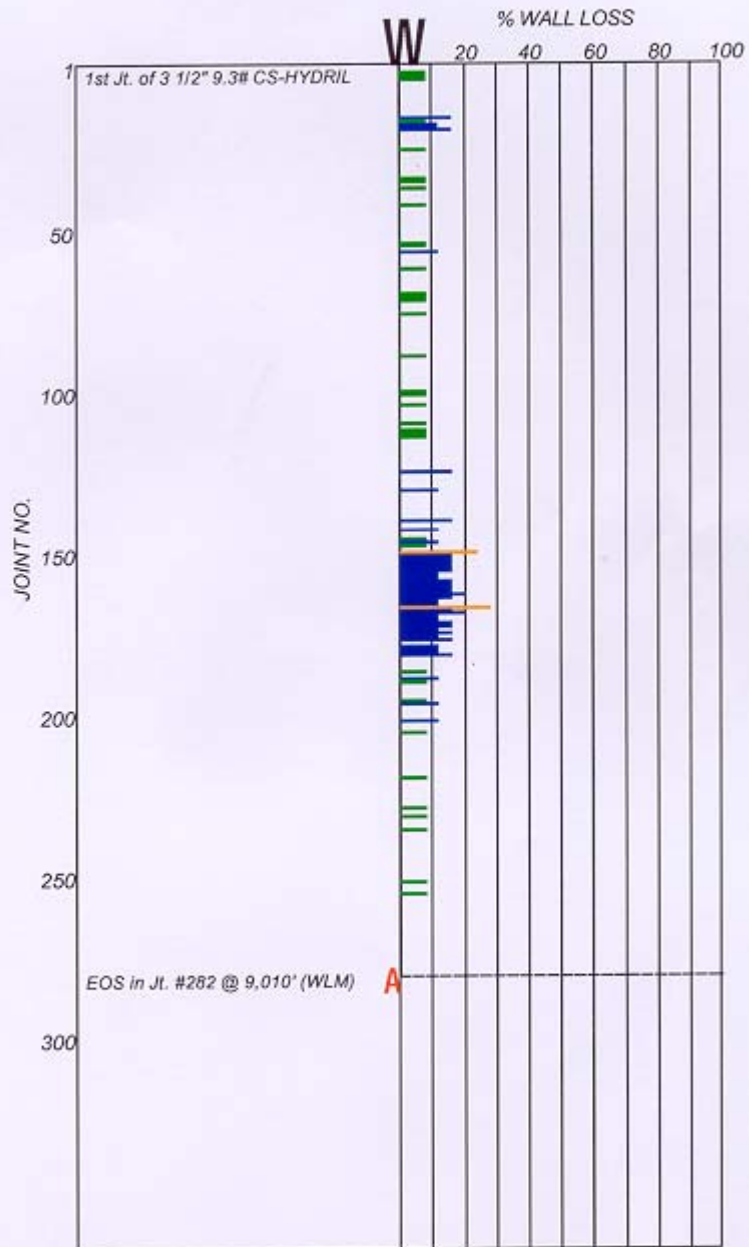
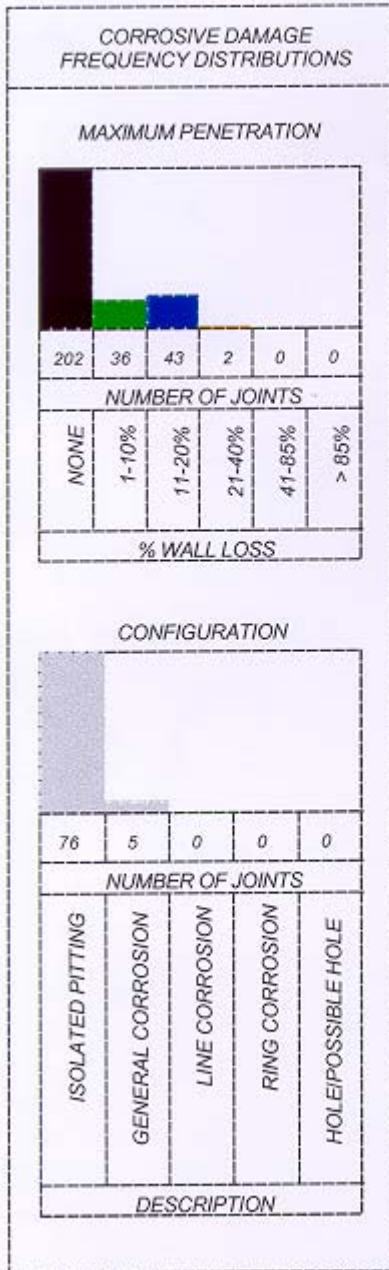
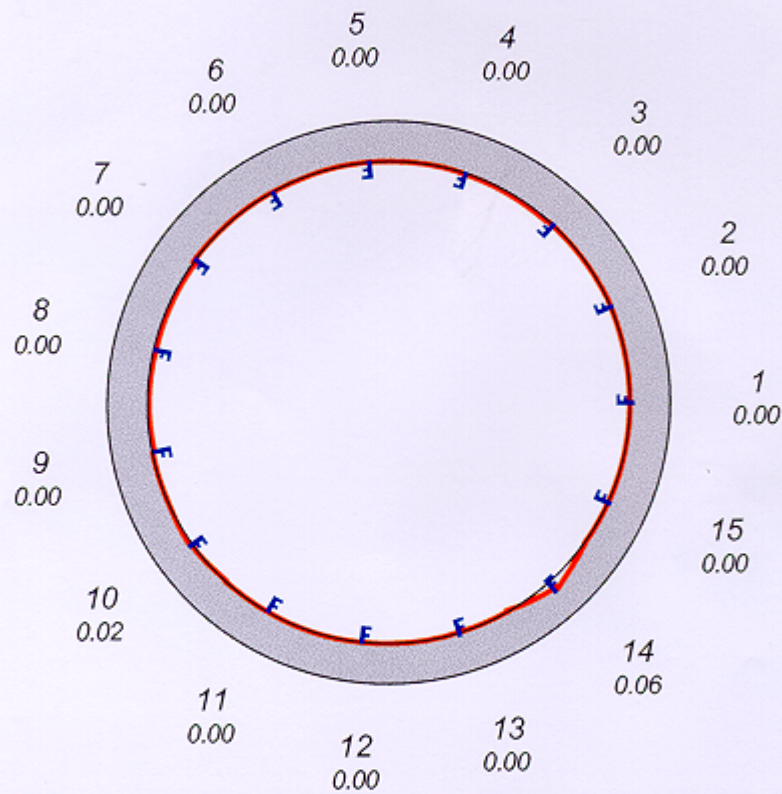


FIGURA 12

RGD #39	Run: 1	3 1/2" 9.3# HYDRIL
RIO GRANDE, BOLIVIA	Joint #: 151	3.500(In.) O.D.
Survey # 28969	Position: 650	2.992(In.) I.D.
September 21, 2001		



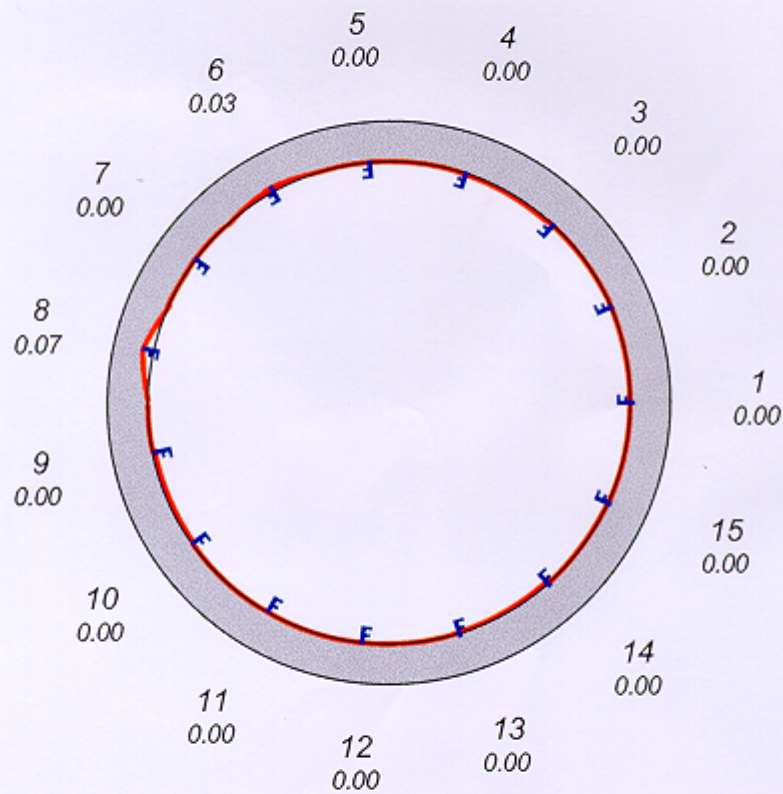
JOINT #151 PITS MIDDLE BODY 0.06" = 24%

Percent Area Reduction: = 1.36 %

Total Area Remaining = 2.55 Sq.In.

FIGURA 13

RGD #39	Run: 1	3 1/2" 9.3# HYDRIL
RIO GRANDE, BOLIVIA	Joint #: 168	3.500(In.) O.D.
Survey # 28969	Position: 150	2.992(In.) I.D.
September 21, 2001		



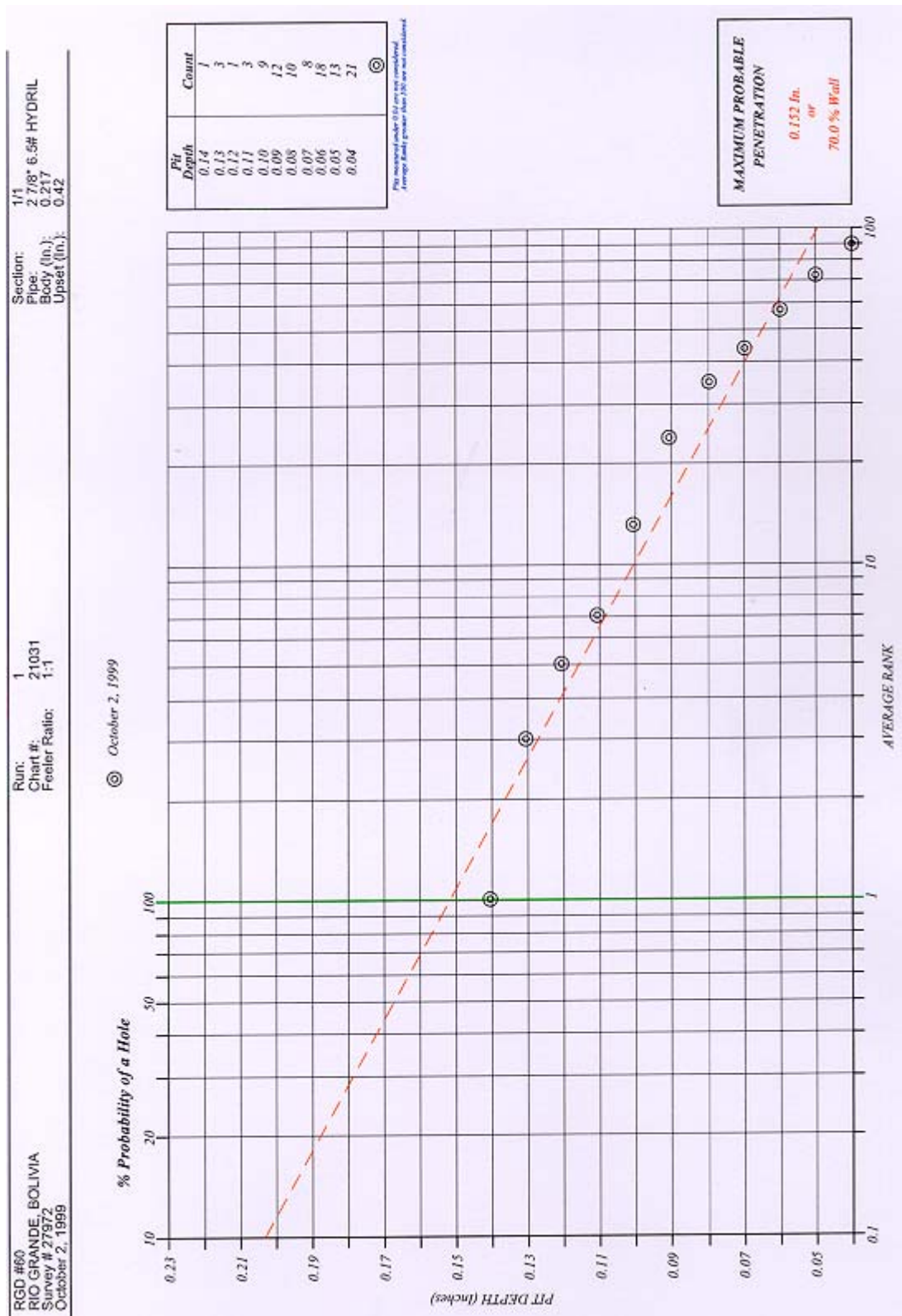
JOINT #168 PITS UPPER BODY 0.07" = 28%

Percent Area Reduction: = 1.61 %

Total Area Remaining = 2.55 Sq.In.

ANEXO C

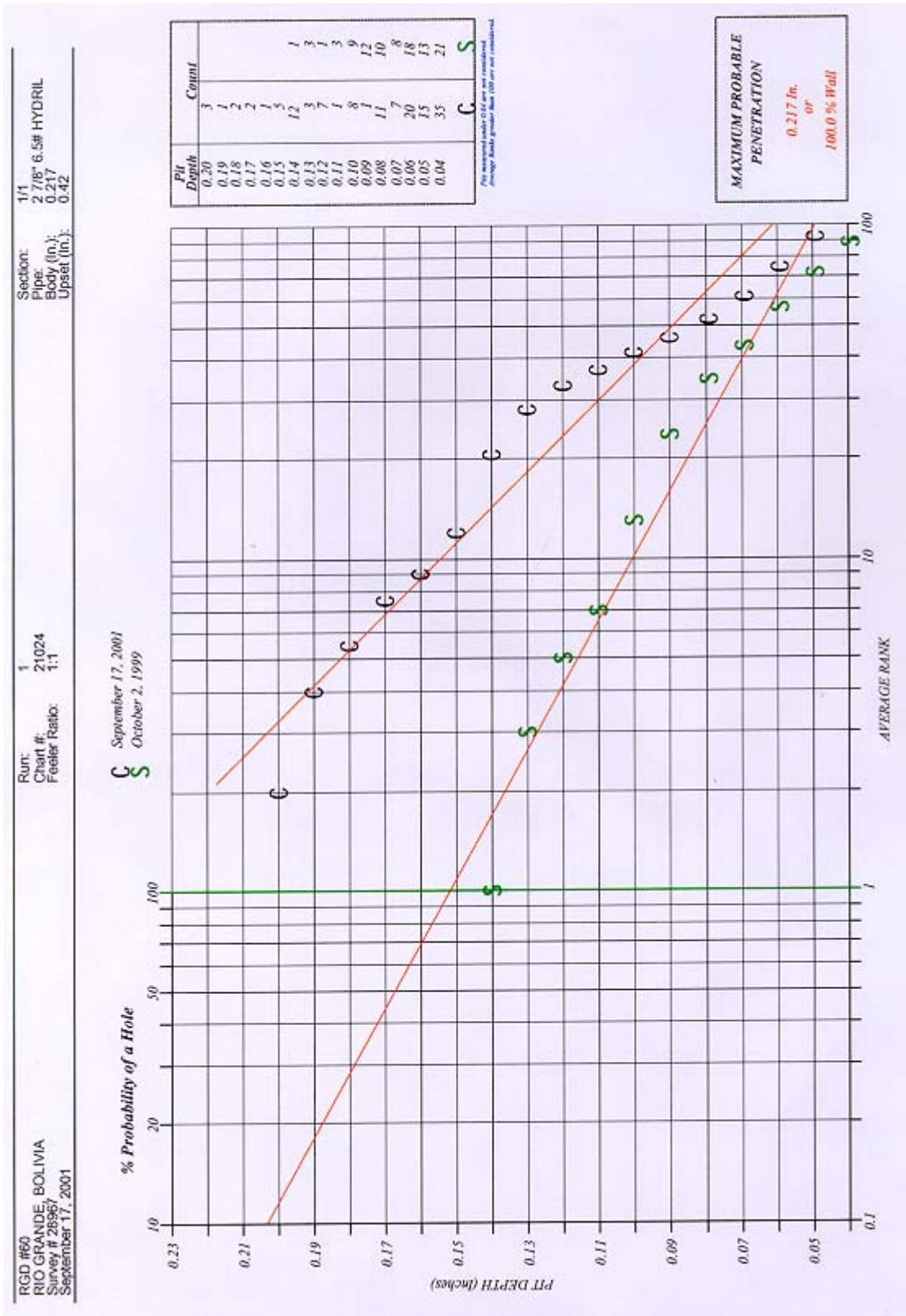
Fig. measured under (i) 60° and (ii) 100°.



GRAFICA 2



GRAFICA 3



BIBLIOGRAFÍA

EXPERTEST ARGENTINA S.A

Monitoreo de la corrosión en pozos de producción mediante el uso de calipers multicensores

Pag. 2 –12

INFORME DE CALIPER EFECTUADOS EN CAMPO RIO GRANDE

Pozos RGD-60, RGD-39