

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1. OBJETIVO Y ALCANCE**

Con el fin de hacer el seguimiento a la evolución del deslizamiento que afecta un sector de Ciudad Bolívar, localizado entre las quebradas La Carbonera y Rosales, se realizó el control topográfico y de instrumentación, y la evaluación estructural de viviendas adyacentes o cercanas al mismo, durante el periodo comprendido entre los meses de enero y octubre de 2002.

El presente informe contiene inicialmente los resultados, análisis y conclusiones de las diferentes actividades desarrolladas durante la última campaña de monitoreo realizada en el mes de octubre/02 y posteriormente, se presentan los análisis generales y conclusiones con base en los resultados obtenidos durante el periodo de estudio. En la Figura 1 se presenta una localización general del proyecto.

### **1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS**

Las siguientes son las actividades realizadas durante el desarrollo del proyecto y en cada una de las campañas de monitoreo, entre los meses enero y octubre de 2002:

- Levantamiento topográfico de los puntos de control, referencia e instrumentos.
- Levantamiento altimétrico y planimétrico de los mojones de referencia con GPS. Dicho levantamiento se realizó con el amarre al mojón del tanque Casa Blanca localizado dentro de los predios de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá en los meses de enero, abril y julio.

- Realización de dos campañas de lecturas de inclinómetros y piezómetros en cada mes de monitoreo.
- Control manual de desplazamiento de los extensómetros a partir del mes de marzo.
- Inventario del estado de las viviendas seleccionadas y clasificación global de riesgo.
- Visita periódicas de campo en conjunto con la Interventoría.

## **2. CAMPAÑA DE MONITOREO No. 10 DE OCTUBRE DE 2002**

En el este capítulo se describe los resultados de la última campaña de monitoreo durante la cual se realizaron los controles topográficos, monitoreo de la instrumentación instalada y el inventario estructural.

### **2.1. RESULTADO DEL CONTROL TOPOGRÁFICO**

En la Tabla 1 (Anexo 2) se presentan las coordenadas y cotas determinadas durante el control topográfico del mes de octubre/02 y en el Plano 1 del Anexo 1, se muestra la localización de cada uno de estos mojones. Para determinar los desplazamientos y asentamientos de los puntos de control, se tomó como referencia el último levantamiento topográfico realizado el día 10 de noviembre del 2001.

#### ***2.1.1. Levantamiento planimétrico y altimétrico de los Mojones de Referencia.***

El control topográfico de los mojones de referencia GPS-036, GPS-037 y GPS-046 para el mes de octubre/02, muestra desplazamientos de hasta 20.6cm en el GPS-046

con relación a las obtenidas entre las campañas de noviembre 10/01, tal como se muestra en la Tabla 2 (Anexo 2). Los asentamientos en este mojón son del orden de 13.4cm.

### **2.1.2. Control puntos sobre viviendas**

De los diferentes puntos de control sobre viviendas se seleccionaron aquellos que mostraron durante el estudio, mayores magnitudes de desplazamiento y velocidad de desplazamientos.

El punto topográfico para control de viviendas, el N105, localizado en el barrio San Antonio, entre las manzanas 23 y 24, y dentro de la masa inestable, presentó asentamiento total del orden de 2.7m y desplazamientos totales de 9.3m. Entre las dos últimas campañas (septiembre 25-octubre 24/02), este punto mostró un incremento de 40cm en el desplazamiento y de 12cm en asentamiento. La velocidad de desplazamiento fue del orden de 26.7mm/día, disminuyendo con respecto a la reportada en el mes de septiembre, la cual fue de 28mm/día (ver Tablas 4 y 5 del Anexo 2).

Para el punto N14 ubicado en el costado oriental, dentro del cuerpo del deslizamiento, alcanzó un desplazamiento total de 2.76m, presentándose un incremento de hasta 6cm, entre las dos últimas campañas. La velocidad de desplazamiento para octubre /02 fue del orden de 7.9mm/día siendo menor que la alcanzada en el mes de septiembre de 8.5mm/día (ver Tablas 4 y 5 del Anexo 2).

En el sector de Santa Viviana, al costado suroriente del área de estudio, los mojones N19, N21 y N27 mostraron desplazamientos de hasta 14cm, con velocidades de hasta 0.28mm/día.

### **2.1.3. Otros puntos de control**

En el levantamiento realizado en el mes de octubre el mojón M15 mostró un desplazamiento total de 5.42m, con una velocidad de desplazamiento de 15.6mm/día muy similar a la alcanzada en septiembre/02 (16mm/día). El incremento en el desplazamiento con respecto al mes de septiembre/02 fue de 31cm.

De los demás puntos de control topográfico se tiene que los de mayor desplazamiento son A4, B4, con desplazamientos totales entre 8.67 (B4) y 8.52m (B4), con respecto a la posición presentada en la campaña de noviembre 10/02. Los incrementos en los desplazamientos, entre las dos campañas de septiembre y octubre/02 fue de 27 y 52cm, respectivamente, tal como se muestra en las Tablas 6 y 7 del Anexo 2.

### **2.1.4. Vectores de movimiento**

La dirección y magnitud de los desplazamientos de los puntos de control entre las campañas de noviembre 10/01 y octubre 24/02 se muestra en el Plano 2 del Anexo 2.

Como en las campañas anteriores, las mayores magnitudes de desplazamiento se concentran en los puntos de control localizados en el barrio San Antonio, luego continúan los del sector sur y por último los del costado occidental en la parte alta del área de estudio.

### **2.1.5. Secciones Topográficas**

Dentro de los controles topográficos se llevaron a cabo nivelaciones a lo largo de las secciones A-A y B-B, tal como se indica en el Plano No. 1 del Anexo 1. El análisis tiene como base la topografía obtenida en la restitución realizada en 1999, la cual se

compara con las cotas determinadas en la nivelación desde el mes de abril hasta el mes de octubre/02.

En la sección A-A, al norte del área de estudio, los mayores asentamientos totales los presentó el punto B4 (6.37m), con una tasa de desplazamiento entre las campañas de noviembre/01 y octubre/02 del orden de 18mm/día.

En la sección B-B, al sur del área de estudio, el mayor asentamiento alcanzado fue del punto C4, del orden de 4.56m, entre las campañas de noviembre/01 a octubre/02 (ver Figura 3 del Anexo 1).

## **2.2. CONTROL DE INSTRUMENTACIÓN**

En el presente estudio las actividades de instrumentación comprendieron el monitoreo de piezómetros de Casagrande, inclinómetros y extensómetros de estacas o grietómetros.

### **2.2.1. Resultados medición de piezómetros**

El comportamiento del nivel freático en los diferentes piezómetros durante los 10 meses de estudio y la precipitación diaria en cada mes, se muestra en la Figura 4 del Anexo 1.

- **Piezómetro PZ-2:** Durante este mes se encontró seco.
- **Piezómetro PZ-4:** Presentó un ascenso del nivel freático de 1.2m, en el primer monitoreo realizado el 11 de octubre/02. Al final presentó el mismo nivel mostrado el 25 de septiembre/02.

- **Piezómetro PZ-5:** Para la campaña de septiembre 25/02, este piezómetro se encontró afectado por las obras de excavación del alcantarillado y la grieta generada a mediados del mes quedando fuera de servicio para octubre/02.
- **Piezómetro PZ-UA1:** Este piezómetro presentó, en general, un comportamiento estable durante el mes de octubre/02.
- **Piezómetro PZ-UA2:** Este piezómetro se presentó seco desde el mes de abril hasta octubre/02, tal como se muestra en la Figura 4.

### **2.2.2. Resultado de la medición con Extensómetros**

Durante el levantamiento topográfico de octubre/02 se tomaron datos de coordenadas y cotas para los extensómetros, tal como se muestra en las Figuras 5 y 6 (ver Tablas 8 a 14 del Anexo 2).

Los mayores desplazamientos con respecto a la posición presentada en el mes de septiembre/02, se presentaron en los extensómetros EX9 y EX10, con un valor de hasta 1.0m y en EX8 y EX21, con desplazamientos de hasta 90cm. Las tasas de movimientos fueron del orden de 33mm/día.

Los siguientes son los extensómetros que se encuentran destruidos hasta la fecha: EX2 (Mayo 14/02), EX12 (Mayo 3/02), EX1 (Abril 9/02), EX6 (Abril 7/02), EX13 (Marzo/02); EX18 (Octubre 12/02), EX23, EX24 y EX25 (Octubre 12/02) y el EX26(Octubre 19/02).

### **2.2.3. Control manual de extensómetros**

En la Tablas 15 y 16 del Anexo 2 y en las Figura 7 a 23 del Anexo 1, se muestran las mediciones manuales con cinta métrica realizadas tres veces por la semana y la

magnitud de desplazamiento en el tiempo. La lectura de referencia se tomó el día 11 de marzo y a partir de ésta, se calculan los cambios de longitud y velocidad de desplazamiento de cada uno de los lados que forman las estacas.

Los mayores desplazamientos se presentaron en los extensómetros EX9 (Estaca 3-4) y EX5 (Estaca 4-1) con valores de 60 y 40cm, respectivamente. Estos cambios ocurrieron en el periodo comprendido entre los días 8 y 18 de octubre de 2002.

#### **2.2.4. Resultado de la medición de inclinómetros**

En las Figuras 24 a 31, se muestran los desplazamientos acumulados en las direcciones de los ejes A-A y B-B y una gráfica de desplazamientos contra tiempo para las profundidades de 1, 3, 5 y 7m para las campañas de monitoreo del mes de octubre/02.

En la Tabla 17 del Anexo 2, se presenta una comparación de los desplazamientos de las cabezas de los inclinómetros entre noviembre 10/01 y la última campaña de topografía (octubre 24/02). Teniendo en cuenta que el inclinómetro INC-04 fue destruido en la tercera semana de septiembre/02, antes del levantamiento topográfico, solo se tiene información para los tres (3) inclinómetros restantes. De acuerdo a lo anterior, el inclinómetro que muestra un mayor desplazamiento es del INCUA-03, localizado en el barrio Santo Domingo, con un valor de 20cm.

- **Inclinómetro INC-4:** Destruído en septiembre de 2002. (ver Figuras 24 y 25 del Anexo 1 y Fotos 41, 42, 43, 48 y 49).
- **Inclinómetro INUA-01:** Su comportamiento se considera estable. Este inclinómetro se encuentra tapado entre 5.5 y 8m de profundidad. (ver Figuras 26 y 27 del Anexo 1).

- **Inclinómetro INUA-02:** Se encuentra tapado entre los 5 y 9m de profundidad. Teniendo en cuenta lo anterior, su comportamiento se considera como estable, tal como se muestra en las Figuras 28 y 29 del Anexo 1.
- **Inclinómetro INUA-03:** Su comportamiento se considera como estable, tal como se muestra en las Figuras 30 y 31.

### **2.3. CONTROL ESTRUCTURAL**

Teniendo en cuenta el incremento de las grietas y movimientos en el sector de la escuela, la DPAE declaró una zona amplia de viviendas para el programa de reubicación, el cual incluyó el grupo de manzanas del barrio Santo Domingo localizadas al oriente y cerca del escarpe principal. Algunas de estas viviendas especialmente las ubicadas dentro del cuerpo del deslizamiento fueron demolidas en este último mes de monitoreo. En el siguiente cuadro se relacionan las viviendas mencionadas anteriormente.

MANZANA	LOTE
1	2, 8, 9, 11
3	23
8	12
9	5, 13
24	12
28	4, 6
62	8

### **3. RESUMEN DEL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL DESLIZAMIENTO EN EL PERIODO ENERO-OCTUBRE DE 2002**

---

En este capítulo se muestra el resumen de los resultados del estudio desarrollado entre los meses de enero y octubre de 2002. Se incluyen además, el análisis geotécnico y el sistema de alarma.

#### **3.1. COMPORTAMIENTO DEL NIVEL FREÁTICO**

En la Figura 4 se muestra el comportamiento del nivel del agua en cada uno de los piezómetros instalados en el área de estudio y las curvas de precipitación de los mismos meses.

- **Piezómetro PZ-2:** Durante el periodo de estudio se encontró seco.
- **Piezómetro PZ-4:** Este piezómetro mostró, las mayores variaciones en el nivel freático. Entre los meses de enero y marzo/02, su comportamiento fue estable, luego mostró un ascenso del nivel del agua de hasta 9m, entre los meses de marzo y junio/02. A partir de junio 14 del 2002, el nivel del agua tuvo un descenso lento hasta el 27 de septiembre, de hasta 2m. Este piezómetro fue destruido durante el mes de octubre/02.
- **Piezómetro PZ-5:** En la campaña de septiembre 9/02, este piezómetro mostró un ascenso en el nivel de agua de hasta 15cm. Para la campaña de septiembre 25/02, este piezómetro se encontró afectado por las obras de excavación del alcantarillado y la grieta generada a mediados del mes de septiembre.
- **Piezómetro PZ-UAI:** Este piezómetro presentó, en general, un comportamiento estable.

- **Piezómetro PZ-UA2:** Este piezómetro se presentó seco desde el mes de abril hasta octubre/02, tal como se muestra en la Figura 4.

El ascenso del nivel del agua en el PZ-UA1 coincide con los meses más lluviosos desde abril a junio/02. Al parecer, los demás piezómetros no tuvieron influencia de las lluvias presentadas en el área de estudio.

### **3.2. COMPORTAMIENTO DE EXTENSÓMETROS**

Para los extensómetros se tuvieron dos controles. El primero se realizó durante los levantamientos topográficos indicando los desplazamientos horizontales, tal como se muestran en las Figuras 5 y 6. El segundo control consistió en la medición manual con cinta métrica de los diferentes lados entre las estacas que componen los grietómetros o extensómetros. Estas lecturas se realizaron tres veces por semana, a partir de 11 de marzo/02 y sus resultados se muestran en las Figuras 7 a 23.

Los extensómetros antiguos que mostraron mayores desplazamientos, de todas las estacas, fueron el EX4, EX5, y EX7, localizados en el costado norte de la grieta principal, cerca de la quebrada Rosales. Las magnitudes varían entre 7.7 y 9.3m

Los extensómetros instalados en el mes de enero que presentaron mayores desplazamientos son los localizados en el costado norte de la grieta principal (EX16 y EX17), con movimientos de hasta 7.5m

El extensómetro EX20, localizado al norte de la escuela del barrio Santa Viviana, mostró un desplazamiento de todas las estacas de hasta 2m, tal como se muestra en la Figura 6.

Debido a la aparición de nuevas grietas en el sector de la escuela del barrio Santa Viviana, se instalaron los extensómetros EX23, EX24, EX25 y EX26, de los cuales el EX24 mostró un desplazamiento de hasta 80cm entre las campañas de agosto y septiembre/02 ya que en el mes de octubre fue destruido, tal como se indica en la Figura 6 y en las Fotos 44, 45, 50 y 51.

Los últimos extensómetros instalados a finales del mes de septiembre/02 (EX25 y EX26) fueron destruidos entre el 12 y 19 de octubre de 2002.

En los meses de abril a junio de 2002, los extensómetros EX03, EX08, EX09, EX16 y EX20 mostraron incrementos durante este periodo. Para los meses de septiembre y octubre de 2002, los movimientos importantes se presentaron en los extensómetros EX09, EX21, EX23 y EX24.

### **3.3. COMPORTAMIENTO DE INCLINÓMETROS**

El comportamiento de cada uno de los inclinómetros en el periodo de estudio comprendido entre los meses de enero y octubre de 2002, se muestra en las Figuras 24 a 31, en las cuales se indican los desplazamientos acumulados en las direcciones de los ejes A-A y B-B y una gráfica de desplazamientos contra tiempo para las profundidades de 1, 3, 5 y 7m.

- ***Inclinómetro INC-4:*** Entre los meses de enero y mayo /02 se presentaron deformaciones de hasta 5mm, con respecto a la primera lectura del mes de enero/02. A partir del 12 de junio, las deformaciones fueron de hasta 28cm, en los primeros 5m de profundidad (ver Figuras 24 y 25 del Anexo 1 y Fotos 41, 42, 43, 48 y 49). Destruído septiembre de 2002.

- **Inclinómetro INUA-01:** Su comportamiento se considera estable aunque la gráfica muestra un desplazamiento de unos 5mm. Lo anterior, debido a que este inclinómetro se encuentra tapado entre 5.5 y 8m de profundidad y por lo tanto se ha perdido el punto inferior de referencia. La curva de deformación de cada una de las campañas no muestra variaciones mayores a 1mm entre 1 y 6m de profundidad, especialmente para el eje A-A (ver Figuras 26 y 27 del Anexo 1).
- **Inclinómetro INUA-02:** Se encuentra obstruido entre los 5 y 9m de profundidad y la gráfica de deformación muestra un comportamiento similar al INC-01 en el eje A-A. Teniendo en cuenta lo anterior, su comportamiento se considera como estable, tal como se muestra en las Figuras 28 y 29 del Anexo 1.
- **Inclinómetro INUA-03:** Su comportamiento se considera como estable, tal como se muestra en las Figuras 30 y 31.

#### **3.4. CONTROL ESTRUCTURAL**

En el mes de enero de 2002, se seleccionaron 39 casas de acuerdo con los criterios para evaluación de viviendas en zonas de alto riesgo de deslizamiento de la Universidad de Los Andes y de similitud constructiva, es decir, que tuvieran elementos rígidos como una cimentación en concreto, placas de contrapiso en concreto, con muros en bloque de arcilla confinados y que presentaran algunas condiciones de acabado exterior, con el fin de poder determinar deformaciones o daños, debidos al fenómeno inestable que ocurre en el área. El 69% de estas viviendas (27 casas) se clasificaron inicialmente como de riesgos bajo y se identificaron con color verde; el 10% (4 casas) como de riesgo medio identificadas con el color amarillo y el 21% (8 casas) como de riesgo alto y de color naranja.

Durante los meses de marzo y mayo de 2002, se adicionaron cuatro (4) viviendas en el barrio Santa Viviana, las cuales quedaron clasificadas como de riesgo bajo. Para la primera parte del estudio se tuvieron un total de 43 casas.

Debido a las nuevas grietas que afectaron la escuela del barrio Santa Viviana en los meses de agosto y septiembre, se seleccionaron cuatro nuevas viviendas, a unos 100m de distancia hacia el occidente de la grieta principal. En total se inventariaron 47 casas durante todo el periodo de estudio.

En el Plano No. 3, se muestra el estado final de las viviendas de acuerdo con la inspección realizada el día 29 de octubre de 2002. Del total de 47 casas inventariadas, el 34% (16 casas) fueron demolidas y el 66% (31 casas) no presentaron variaciones importantes en este último inventario estructural.

De estas 31 casas resultantes al finalizar el estudio, el 87% (27 casas) quedaron clasificadas como de riesgo bajo (color verde) y el 13% (4 casas) como de riesgo medio (color amarillo), tal como se muestra en el Plano No. 3.

### **3.5. ESTADO FINAL DE LA INSTRUMENTACIÓN**

Durante los primeros días del estudio y previo al inicio de las actividades de campo, en el mes de enero de 2002, se realizó el inventario de la cantidad y estado de la instrumentación existente, tal como puntos de control topográficos, inclinómetros, extensómetros y piezómetros.

El siguiente cuadro muestra un resumen de la instrumentación recibida, la que se adicionó y la que finalmente quedó al termino de los trabajos de campo.

ITEM	No. AL INICO DEL ESTUDIO	ADICIONES	PERDIDOS	No. AL FINAL ESTUDIO	OBSERVACIONES
PUNTOS DE CONTROL, MOJONES Y NIVELESTAS	67	-	9	58	Se colocaron algunos mojones temporales para sustituir los perdidos. Ej: M15.
INCLINÓMETROS	4	-	1	3	El INC-04 destruido por vandalismo.
PIEZÓMETROS	5	-	2	3	Un piezómetro destruido por obras de alcantarillado y uno tapado con residuos de obras.
EXTENSÓMETROS O GRIETÓMETROS	12	12	10	14	Perdidos por incremento en las grietas del deslizamiento y obras locales. Los nuevos extensómetros se instalaron en los meses de enero, agosto y septiembre de 2002.

El estudio comenzó con un total de 88 puntos entre topográficos y de instrumentación, parte de los cuales se fueron perdiendo paulatinamente por el incremento en la abertura de las grietas del deslizamiento, obras de construcción de alcantarillado y otras de tipo local (demolición o construcción de viviendas) y por actos de vandalismo.

El estado final de los inclinómetros es el siguiente:

- El *INC-04* fue destruido al quedar expuesta parte de la tubería debido a los desprendimientos del escarpe principal del deslizamiento en donde se encontraba.
- El *INCUA-01* tapado entre los 5.5 y 8m de profundidad, al parecer por material granular.
- El *INCUA-02* Obstruido entre los 5 y 9m por material fino que es arrastrado durante las lluvias. Con la construcción de una caja de protección se evitaría el llenado del tubo con estos materiales. Adicionalmente, se deberá revisar el tornillo que fija la tapa de este instrumento.
- El *INCUA-3* quedó en buen estado.

- En el inventario inicial, se determinó que los inclinómetros *INC-02* e *INC-03* estaban fuera de servicio. El primero por estar tapado con materiales sobrantes de las obras de la calle y que posteriormente fue destruido por obras de nivelación de la rasante de la misma vía y el segundo quedó dentro de una vivienda y al parecer fue tapado por la placa de piso.

El estado final de los piezómetros monitoreados es el siguiente:

- El *PZUA-1* obstruido con material granular al perderse el tornillo que fijaba la tapa de protección.
- El *PZUA-2* quedó en buen estado.
- El *PZ-2* quedó en buen estado. Por encontrarse en el centro de la calle, se dificulta su localización al quedar tapado con materiales de recebo. Se encuentra dañada la roca del tornillo que fija la tapa de protección.
- El *PZ-4* quedó en buen estado a pesar de estar en el escarpe principal del deslizamiento.
- El *PZ-5* destruido por obras de alcantarillado.

### **3.6. ANÁLISIS GEOTÉCNICO**

#### **3.6.1. Bloques Estructurales**

Con base en el comportamiento de los puntos de control y su seguimiento a través de los levantamientos topográficos, se definieron tres (3) bloques estructurales localizados al nororiente, suroriente y occidente del área de estudio. En cada uno de estos bloques, se seleccionaron cuatro (4) mojones con el fin de analizar su comportamiento en las diferentes campañas, tal como se muestra en las Figuras 32, 33 y 34.

Los bloques estructurales se describen así:

- El *Bloque Estructural 1* localizado dentro de la masa inestable, al norte del área de estudio (barrio Santa Helena) y sobre la margen derecha de la quebrada Rosales, ocurren los mayores desplazamiento de los puntos de control y extensómetros. Los vectores de movimiento tienen una dirección promedio de N58°E.
- El *Bloque Estructural 2* localizado al sur del área, dentro de la masa inestable, y sobre la margen izquierda de la quebrada La Carbonera, presenta importantes desplazamientos de los puntos de control pero de menor magnitud que en el bloque anterior. Los vectores de movimiento tiene una dirección promedio de N31°E
- El *Bloque Estructural 3* localizado al occidente del área de estudio y el cual comprende los barrios Santo Domingo y Santa Viviana, en el momento no se han identificado rasgos físicos de inestabilidad pero de acuerdo con el control topográfico, se han determinado magnitudes de desplazamiento del orden de 17.4cm en promedio, especialmente en los mojones de la margen derecha de la quebrada Rosales. Estos vectores de movimiento, tiene una dirección promedio de N53°E muy cercana a la del bloque estructural 1.

El análisis de cada uno de estos bloques estructurales que se presenta en este informe, se basa en los valores obtenidos de los desplazamientos y velocidades relativas de los mojones seleccionados en cada uno de estos y los valores promedios tanto de movimiento como de tasa de desplazamiento para el periodo de estudio comprendido entre los meses de enero y octubre de 2002.

En la Figura 32, se aprecia que los bloques 1 y 2 presentan un comportamiento muy similar pero con diferentes valores de desplazamiento relativo. Ambos bloques, confirman un aumento en la magnitud de desplazamiento en el periodo mayo-junio. Para el Bloque 1, los desplazamientos relativos varían desde 0.12 a 3.2m, con un valor aislado de hasta 8m (Mojón D3) en tanto que para el Bloque 2, los valores varían entre 0.02 y 1.1m, con un valor aislado de 2.3m (E4). En el Bloque 3, estos valores oscilan entre 3.8 y 19cm. Entre los meses de septiembre y octubre los desplazamientos tuvieron un cierto incremento debido posiblemente al aumento de las lluvias a finales del mes de octubre.

En la Figura 33, las velocidades relativas varían así: Bloque 1: 2.2 a 27.6cm/mes; Bloque 2: 1.5 a 11.7cm/mes y Bloque 3: 0.73 a 8.0cm/mes.

Para los dos primeros meses del año, los desplazamientos promedios mensuales fueron constantes para los tres bloques estructurales. A partir de febrero se presentó un incremento progresivo en los bloques 1 y 2 hasta el mes de junio y luego disminuye hasta el mes de septiembre. Estos desplazamientos varían en cada bloque así: Bloque 1: 2.2 a 8.8m, Bloque 2: 0.7 a 3.0m y el Bloque 3: de 6.9 a 15cm, tal como se indica en la Figura 34.

Las velocidades promedios de cada uno de los bloques varían de la siguiente forma: Bloque 1: 62 a 106cm/mes; Bloque 2: de 17.1 a 35.2cm/mes y finalmente el Bloque 3: de 1.4 a 4.4cm/mes.

Adicionalmente, se analizaron los asentamientos relativos en cada uno de los periodos se aprecia uno mayores contraste en el Bloque 1, con valores de hasta 0.9m en el periodo abril-mayo. En el Bloque 2 no mostró valores de hasta unos 24cm en el periodo febrero-marzo. Para el Bloque 3, los máximos asentamientos fueron del orden de 14cm en el periodo enero-febrero de 2002.

En la Figura 36, se muestra los asentamientos y velocidades de asentamiento promedio para cada uno de los bloques. Los mayores valores se presentaron en el Bloque 1, los cuales fueron del orden de 2.8m. Para este mismo bloque, las velocidades de asentamiento máximas presentadas fueron del orden de 34cm/mes.

Al analizar el comportamiento de cada uno de los bloques estructurales con respecto a las lluvias presentadas durante el periodo de estudio, se aprecia una clara relación de la precipitación con el desplazamiento de los bloques estructurales 1 y 2. Como se explicó anteriormente, estos dos bloques mostraron un incremento de desplazamiento entre los meses de marzo y junio de 2002, coincidiendo con el periodo más lluviosos con precipitaciones mensuales totales de hasta 119mm. Entre los meses de julio y septiembre, estos dos bloques presentaron desplazamientos muy bajos correspondiendo a un periodo relativamente seco. En el mes de octubre/02 se presentó un leve incremento del movimiento, más marcado en el Bloque 1, coincidiendo con el aumento de las precipitaciones en el último mes de estudio (Ver Figura 37).

Para el Bloque Estructural 3, en los periodos enero-marzo y julio-octubre se aprecia un leve incremento de desplazamiento al igual que aumenta la precipitación. Para el periodo más lluvioso (marzo-junio) no es muy clara una relación desplazamiento-precipitación, tal como se muestra en la Figura 37.

### **3.6.2. Pata del Deslizamiento**

Con el objeto de analizar el comportamiento de la pata del deslizamiento, se tomaron los tres puntos de control más bajos así: A5 en la margen derecha de la quebrada Rosales, el B5-D5 en la parte central de la pata y el C5-E5 sobre la margen izquierda de la quebrada Carbonera (ver Figura 39).

En general, los asentamientos se presentan en los puntos de control localizados cerca de las quebradas Rosales y Carbonera, con valores de hasta 38cm en el costado derecho del deslizamiento, entre los meses de enero y junio de 2002. En la parte central de la pata del movimiento (Mojón B5-D5) muestra un rebote del punto de control de hasta 17cm.

### **3.6.3. Proyección del Comportamiento Futuro**

Para la proyección del posible comportamiento futuro del deslizamiento y teniendo en cuenta la existencia de tres bloques estructurales bien diferenciados, se realizaron los modelos de predicción tanto para desplazamiento como para la velocidad de desplazamiento empleando la media móvil para cada uno de los casos. En el análisis de cada bloque, se tomaron los mismos mojones tenidos en cuenta en el análisis geotécnico, tal como se muestra en las Figuras 40 a 45.

- ***Bloque Estructural 1 (Nororiental)***

De acuerdo con los modelos de proyección de la Figura 40, se observa una tendencia en la disminución de la magnitud de desplazamiento. Si se considera que en los próximos seis (6) meses como de menos lluviosos, alcanzando valores cercanos a los 9m, con respecto a la posición de noviembre de 2001 de los mojones B3, A4 y B4. En la gráfica del Mojón D3 se muestra la tendencia del movimiento entre los meses de enero y agosto debido a que en septiembre/02 fue destruido. Los cambios marcados en la gráfica de la Figura 40 corresponden a las épocas más lluviosas.

En la Figura 41, la velocidad de desplazamiento para los cuatro mojones de este bloque tiene la misma tendencia y su magnitud aumenta con el incremento en las lluvias ocurrido a entre los 150 y 200 días de estudio. Se estima que esta tasa de

desplazamiento continúe con la tendencia a disminuir por lo menos en los próximos cinco (5) meses.

- Bloque Estructural 2 (Suroriente)

Los cuatro mojones seleccionados para el análisis de este bloque estructural, muestran una disminución en la magnitud de desplazamiento, tendiendo a un valor cercano a 4m de desplazamiento total para los próximos cinco meses. El análisis se hace con respecto a la posición de noviembre/02, tal como se muestra en la Figura 42.

En la gráfica del Mojón E4, se muestra tan solo la tendencia durante los meses de enero y agosto ya que dicho punto de control fue destruido en el mes de septiembre de 2002.

En la Figura 43 se muestra la variación de la velocidad y la tendencia a reducir la magnitud para los siguientes cinco meses si se presentan periodos secos.

- Bloque Estructural 3 (Occidente)

Para este bloque estructural se aprecia una tendencia al incremento en la magnitud de desplazamiento en los cuatro mojones seleccionados. Esta tendencia se ve más acentuada en los puntos 102N, 100N, localizados en la margen de la quebrada Rosales, alcanzando desplazamiento cercanos a los 50cm en un periodo estimado de cuatro meses. Este valor es y estará directamente afectado por las variaciones en la precipitación, tal como se muestra en la Figura 44.

El Mojón 114N, localizado en el sector de la escuela del barrio Santa Viviana, muestra un leve incremento en el desplazamiento a pesar de estar en el área en donde se generaron nuevas grietas. Esto al parecer obedece a cabeceo de pequeños bloques,

en dirección opuesta a la pendiente del terreno que mostraron una disminución en la tasa de desplazamiento y rebotes como se aprecia en las Figuras 32 y 35.

En cuanto a las velocidades de desplazamiento, la proyección indicaría un cierto aumento de la tasa de movimiento, tal como se aprecia en la Figura 45.

### **3.7. SISTEMAS DE ALARMA**

De acuerdo con la información de referencia consultada, un Sistema de Alarma se define como el conjunto de acciones a desarrollar que permitan predecir con cierta certeza la evolución de la magnitud de los desplazamientos con el tiempo y el momento de falla catastrófica.

En esta información se presentan una serie de modelos empíricos de predicción dentro de los cuales se seleccionó el *Modelo 1*, el cual consiste en un ajuste polinomial de las lecturas realizadas de los desplazamientos. Para este modelo se tomaron las lecturas del Mojón D4, localizado dentro de la masa inestable.

Con base en la información anterior, la cual corresponde al comportamiento del punto (D4), se determinó un valor de referencia tanto de la magnitud (40cm) como de la velocidad de desplazamiento (20cm/mes) y a partir de estos, se propuso una serie de intervalos de magnitud de desplazamiento (cm) y velocidad de movimiento (cm/día) con los cuales se pueden definir unos niveles de alarma de la siguiente manera:

#### **MAGNITUD DE DESPLAZAMIENTO**

M1: < 20cm

M2 : 20 – 40cm

M3: > 40cm

### VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO

V1: < 10cm/mes

V2: 10.1 – 20cm/mes

V3: > 20cm/mes

La combinación de estos niveles de velocidad y magnitud de desplazamiento permitieron definir grados de alerta así: **AMARILLA, NARANJA Y ROJA**

M1 – V1: Alerta AMARILLA con inspecciones continuas.

M1 – V2: Alerta NARANJA con inspecciones continuas.

M1 – V3: Alerta ROJA con inspecciones continuas.

M2 – V1: Alerta NARANJA con inspecciones continuas.

M2 – V2: Alerta NARANJA con aviso de prevención.

M2 – V3: Alerta ROJA con aviso de alto riesgo.

M3 – V1: Alerta NARANJA con aviso de prevención.

M3 – V2: Alerta ROJA con aviso de alto riesgo.

M3 – V3: Alerta ROJA con aviso de evacuación.

Los rangos anteriores, se determinaron con base en el comportamiento de los mojones 50N, 54N, 100N, 101N y 102N, localizados en el sector norte del barrio Santo Domingo, sobre al margen derecha de la quebrada Rosales. A continuación se muestra un resumen del comportamiento de estos puntos de control entre los meses de enero y septiembre.

CAMPAÑAS 2002		PUNTOS DE CONTROL				
		50N	54N	100N	101N	102N
ENERO	Desplazamiento (cm)	3.7	21	25	20	13
	Velocidad (cm/mes)	0.09	0.6	0.75	0.6	0.39
FEBRERO	Desplazamiento (cm)	14	22	6.1	1.9	16.5
	Velocidad (cm/mes)	4.05	0.66	1.77	0.54	4.8

MARZO	Desplazamiento (cm)	22	14	18	-	16
	Velocidad (cm/mes)	4.8	3.03	4.11	-	3.63
ABRIL	Desplazamiento (cm)	13	12	16	16.7	12.8
	Velocidad (cm/mes)	2.4	2.28	2.96	3.12	2.4
MAYO	Desplazamiento (cm)	-	8	12	12.3	8
	Velocidad (cm/mes)	-	1.26	1.95	1.98	1.29
JUNIO	Desplazamiento (cm)	-	16	18	14	16
	Velocidad (cm/mes)	-	2.2	2.5	1.92	2.16
JULIO	Desplazamiento (cm)	-	-	11	13	8.2
	Velocidad (cm/mes)	-	-	15	1.35	0.96
AGOSTO	Desplazamiento (cm)	11.8	11.8	14.5	15.1	11.3
	Velocidad (cm/mes)	1.2	1.2	1.2	1.56	1.17
SEPTIEMBRE	Desplazamiento (cm)	7.0	12.7	20.7	19.6	18.2
	Velocidad (cm/mes)	0.63	1.2	1.9	1.8	1.7
OCTUBRE	Desplazamiento (cm)	25.5	28	38.2	34	29.6
	Velocidad (cm/mes)	2.2	2.4	3.3	2.9	2.5

De acuerdo al cuadro anterior, se tiene que en promedio la magnitud y velocidad de desplazamiento es del orden de 17.9cm y 3.5cm/mes, respectivamente para el periodo de estudio (enero-octubre/02). Las variaciones de dichos desplazamientos están entre 1.9 y 38.2cm, en tanto que la tasa de desplazamiento oscila entre 0.1 4.8cm/mes.

Con base en el cuadro anterior y el análisis de los bloques estructurales, se definió un plano de sectorización según los valores de desplazamiento y velocidad de desplazamiento (ver Plano 4).

En el grado de alarma AMARILLA se encuentra la parte alta del área de estudio, en donde los movimientos son menores de 20cm (M1) y las velocidades inferiores a 10cm/mes.

El grado de alarma Naranja comprende un sector al occidente desde la grieta perimetral del deslizamiento y al noroccidente del área de estudio. A pesar que los

promedios de desplazamientos están dentro de los rangos M1 (<20cm) y V1 (<10cm/mes) en algunas campañas de topografía se obtuvieron valores superiores a dichos rangos. Por lo tanto, se clasificaron dentro de este grado de alarma.

Se definió para la masa inestable un grado de alarma ROJA con aviso de evacuación debido a que los movimientos son mayores de 40cm y sus velocidades superiores a 20cm/mes. En este sector se incluye la escuela de Santa Viviana.

En el Plano 4 y con base en el análisis fotogeológico, se estableció una línea que marca aproximadamente un cambio en la pendiente natural del terreno y que se cree como un control geomorfológico para la inestabilidad existente.

### **3.8. ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN**

De acuerdo a los resultados del presente estudio y a trabajos anteriores, se plantean en el siguiente capítulo, en forma general, dos posibles alternativas de mitigación, las cuales se describen a continuación (ver Figura 46).

- **Alternativa 1. Construcción de Terraplén en la Pata de Deslizamiento.**

Esta alternativa consiste en la construcción de un gran terraplén en la pata del deslizamiento entre las quebradas Rosales y Carbonera. Como complemento se deberán realizar obras de drenaje para reducir la humedad de estos materiales e incrementar su resistencia.

Para esta alternativa se requerirá un volumen aproximado de unos 350.000m<sup>3</sup> y su costo se estima en unos \$15.000 millones.

- *Alternativa 2. Construcción de Muro Anclado*

Esta alternativa consiste en la construcción de un muro localizado en la parte alta del deslizamiento, el cual se construiría entre caissons de 1.5m de diámetro anclados al nivel de roca, tal como se muestra en la Figura 46. El valor estimado de esta alternativa sería de unos \$3'000.000 mL.

#### **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

---

Las siguientes son las conclusiones y recomendaciones generales del presente estudio en el deslizamiento que se presenta en el sector de La Carbonera.

Durante la mayor parte del periodo de estudio, el deslizamiento presentó los mayores movimientos en la parte nororiental de la masa inestable localizada sobre la margen derecha de la quebrada Rosales. Este desplazamiento ocasionó la ampliación de las grietas existentes y asentamientos en la masa inestable.

La generación de nuevas grietas ocurrió a partir de los comienzos del mes de agosto, especialmente en el sector de la escuela del barrio Santa Viviana, en donde ésta coincide con el cambio morfológico definido a partir de las fotografías aéreas. Aunque al parecer no existe una relación directa con las obras iniciadas para esa época si se apreció un incremento en la velocidad y magnitud de la grieta.

El piezómetro que presentó cambios en su comportamiento fue el PZ-UA1, el cual mostró un ascenso durante los meses de marzo y junio coincidiendo con la época más lluviosa. Los otros piezómetros tuvieron un comportamiento más o menos estable y al parecer su comportamiento es independiente de las precipitaciones ocurridas en el área.

En cuanto a los inclinómetros, el INC-04 localizado cerca de la grieta perimetral mostró una deformación de hasta 28mm principalmente entre junio y septiembre de 2002. Esto se debió al desprendimiento del talud que dejó al descubierto el tubo del inclinómetro. Los demás inclinómetros mostraron un comportamiento estable en general.

En el análisis geotécnico se determinó la existencia de tres bloques estructurales de los cuales, el Bloque 1 (noroeste) y parte norte de la masa inestable es el que presenta mayores desplazamientos y asentamientos. El Bloque 2 (sureste) muestra desplazamientos de menor magnitud. La dirección de movimiento de estos dos bloques es hacia el noreste. El Bloque estructural 3, localizado al occidente del área presentó desplazamientos menores de 20cm y velocidades inferiores a 10cm/mes.

El comportamiento de cada uno de estos bloques, se encuentra relacionado directamente con los periodos de lluvias presentados durante el estudio. En los meses más lluviosos (abril a junio de 2002), se presentó un incremento en los desplazamientos y velocidades principalmente en los bloques estructurales 1 y 2. Para el bloque 3, en donde se encuentra asentada la población no hay una relación clara de los desplazamientos versus lluvias pero se aprecia cierta tendencia al incremento en los desplazamientos, especialmente en los puntos de control localizados cerca de la quebrada Rosales.

Con base en el análisis del comportamiento de los puntos de control e instrumentación, se definieron diferentes grados de alarma de acuerdo a valores de desplazamiento y velocidad de desplazamiento. De acuerdo a lo anterior, en el grado de alarma AMARILLA se encuentra la parte alta del área de estudio, en donde los movimientos son menores de 20cm (M1) y las velocidades inferiores a 10cm/mes (V1). Con base en el plano de sectorización del sistema de alarma, se recomienda

para el grado de riesgo bajo continuar con el monitoreo y las observaciones periódicas. Para los sectores de riesgo alto (Naranja) se recomienda el monitoreo continuo y la reubicación de los habitantes.

El grado de alarma NARANJA comprende un sector al occidente desde la grieta perimetral del deslizamiento y al noroccidente del área de estudio. A pesar que los promedios de desplazamientos están dentro de los rangos M1 (<20cm) y V1 (<10cm/mes) en algunas campañas de topografía se obtuvieron valores superiores a dichos rangos. Por lo tanto, se clasificaron dentro de este grado de alarma.

Se definió para la masa inestable un grado de alarma ROJA con aviso de evacuación debido a que los movimientos son mayores de 40cm y sus velocidades superiores a 20cm/mes. En este sector se incluye la escuela de Santa Viviana.

Se plantean en este estudio dos posibles alternativas de mitigación que comprenden la construcción de un gran terraplén en la pata del deslizamiento y la de un muro con caissons, el cual iría anclado a la roca. La viabilidad de estas alternativas se deberá evaluar comparando los costos de la reubicación de los habitantes de la parte alta del área de estudio.

Se recomienda continuar con los estudios y el monitoreo del deslizamiento de La carbonera, para proseguir con el análisis de evolución de este fenómeno y su posible afectación a nuevas áreas. Para llevar a cabo lo anterior, se recomienda la recuperación de la instrumentación que actualmente se encuentra en funcionamiento y la instalación de nuevos inclinómetros y piezómetros especialmente cerca del escarpe principal debido a la pérdida de algunos de estos instrumentos en este sector.

Considerando que el área de la Carbonera se viene estudiando a partir de 1988 y teniendo la evolución del fenómeno y la afectación del mismo, recomendamos la realización de nuevos estudios de riesgo y alternativas de mitigación y diseño de obras de estabilización. Este estudio permitirá evaluar la viabilidad de las alternativas propuestas anteriormente u otras que resulten durante esta investigación.

## **5. ANEXOS**

---

Como complemento a este informe, se incluyen los siguientes anexos:

### Anexo 1 : Figuras y Planos

- Figura 1. Localización General del proyecto.
- Figura 2. Sección topográfica A-A.
- Figura 3. Sección topográfica B-B.
- Figura 4. Variación nivel freático.
- Figura 5. Desplazamientos en extensómetros.
- Figura 6. Desplazamiento en extensómetros.
- Figura 7. Gráficas desplazamiento-tiempo. Control manual de extensómetros (Enero–Octubre/02). Extensómetro EX03.
- Figura 8. Gráficas desplazamiento-tiempo. Control manual de extensómetros (Enero –Octubre/02). Extensómetro EX10.
- Figura 9. Gráficas desplazamiento-tiempo. Control manual de extensómetros (Enero –Octubre/02). Extensómetro EX09.
- Figura 10. Gráficas desplazamiento-tiempo. Control manual de extensómetros (Enero –Octubre/02). Extensómetro EX08.
- Figura 11. Gráficas desplazamiento-tiempo. Control manual de extensómetros (Enero –Octubre/02). Extensómetro EX04.
- Figura 12. Gráficas desplazamiento-tiempo. Control manual de extensómetros (Enero –Octubre/02). Extensómetro EX05.

- Figura 13. Gráficas desplazamiento-tiempo. Control manual de extensómetros (Enero –Octubre/02). Extensómetro EX07.
- Figura 14. Gráficas desplazamiento-tiempo. Control manual de extensómetros (Enero –Octubre/02). Extensómetro EX21.
- Figura 15. Gráficas desplazamiento-tiempo. Control manual de extensómetros (Enero –Octubre/02). Extensómetro EX22.
- Figura 16. Gráficas desplazamiento-tiempo. Control manual de extensómetros (Enero –Octubre/02). Extensómetro EX20.
- Figura 17. Gráficas desplazamiento-tiempo. Control manual de extensómetros (Enero –Octubre/02). Extensómetro EX19.
- Figura 18. Gráficas desplazamiento-tiempo. Control manual de extensómetros (Enero –Octubre/02). Extensómetro EX18.
- Figura 19. Gráficas desplazamiento-tiempo. Control manual de extensómetros (Enero –Octubre/02). Extensómetro EX17.
- Figura 20. Gráficas desplazamiento-tiempo. Control manual de extensómetros (Enero –Octubre/02). Extensómetro EX16.
- Figura 21. Gráficas desplazamiento-tiempo. Control manual de extensómetros (Enero –Octubre/02). Extensómetro EX23.
- Figura 22. Gráficas desplazamiento-tiempo. Control manual de extensómetros (Enero –Octubre/02). Extensómetro EX24.
- Figura 23. Gráficas desplazamiento-tiempo. Control manual de extensómetros (Enero –Octubre/02). Extensómetros EX25 y EX26.
- Figura 24. Desplazamiento acumulado Inclinómetro INC-04. Eje A-A.
- Figura 25. Desplazamiento acumulado Inclinómetro INC-04. Eje B-B.
- Figura 26. Desplazamiento acumulado Inclinómetro INUA-01. Eje A-A.
- Figura 27. Desplazamiento acumulado Inclinómetro INUA-01. Eje B-B.
- Figura 28. Desplazamiento acumulado Inclinómetro INUA-02. Eje A-A.

- Figura 29. Desplazamiento acumulado Inclínómetro INUA-02.  
Eje B-B.
- Figura 30. Desplazamiento acumulado Inclínómetro INUA-03.  
Eje A-A.
- Figura 31. Desplazamiento acumulado Inclínómetro INUA-03.  
Eje B-B.
- Figura 32. Desplazamiento relativo de cada bloque estructural.
- Figura 33. Velocidad relativa de cada bloque estructural.
- Figura 34. Desplazamiento y velocidad promedio de cada  
bloque estructural.
- Figura 35. Asentamiento relativo de cada bloque estructural.
- Figura 36. Asentamiento y velocidad de asentamiento promedio  
de cada bloque estructural.
- Figura 37. Asentamiento y velocidad de asentamiento de  
mojones en la pata del deslizamiento.
- Figura 38. Aerofotointerpretación
- Figura 39. Desplazamiento promedio de bloques estructurales  
con lluvias totales mensuales.
- Figura 40. Modelo de predicción del desplazamiento Bloque  
Estructural 1 (Nororientado)
- Figura 41. Modelo de predicción de velocidad de  
desplazamiento Bloque Estructural 1 (Nororientado).
- Figura 42. Modelo de predicción del desplazamiento Bloque  
Estructural 2 (Surorientado).
- Figura 43. Modelo de predicción de velocidad de  
desplazamiento Bloque Estructural 2 (Surorientado).
- Figura 44. Modelo de predicción de velocidad de  
desplazamiento Bloque Estructural 3 (Occidente).
- Figura 45. Modelo de predicción de velocidad de  
desplazamiento Bloque Estructural 3 (Occidente).
- Figura 46. Esquemas de alternativas de mitigación.
- Plano 1. Localización de puntos de control superficial, puntos  
de control sobre viviendas, inclinómetros,  
piezómetros y extensómetros.
- Plano 2. Vectores de desplazamiento. Puntos de control.
- Plano 3. Monitoreo de viviendas.
- Plano 4. Sistemas de alarma. Sectorización.

Anexo 2 : Tablas

Tabla 1. Puntos de control topográficos campaña octubre 20  
2002.

Tabla 2. Delta de los GPS entre las campañas de noviembre 10/01 y septiembre 25/02.

Tabla 3. Velocidad promedio de los GPS entre las campañas de noviembre 10/01 y septiembre 25/02.

Tabla 4. Delta de las Viviendas entre las campañas de noviembre 10/01 y septiembre 25/02.

Tabla 5. Velocidad promedio de los puntos sobre viviendas entre las campañas de noviembre 10/01 y septiembre 25/02.

Tabla 6. Delta de otros puntos de control entre las campañas de noviembre 10/01 y septiembre 25/02.

Tabla 7. Velocidad promedio de otros puntos de control entre las campañas de noviembre 10/01 y septiembre 25/02.

Tabla 8. Coordenadas de los vértices, longitud de lados y diagonales de los extensómetros campaña noviembre 10 de 2001.

Tabla 9. Coordenadas de los vértices, longitud de lados y diagonales de los extensómetros campaña septiembre 25 de 2002.

Tabla 10. Comparación en longitud de lados y diagonales de los extensómetros.

Tabla 11. Delta de los extensómetros entre las campañas de noviembre 10/01 y septiembre 25/02.

Tabla 12. Delta de los extensómetros entre las campañas de enero 26/02 y septiembre 25/02.

Tabla 13. Velocidad promedio de los extensómetros entre las campañas de noviembre 10/01 y septiembre 25/02.

Tabla 14. Velocidad promedio de los extensómetros entre las campañas de noviembre 10/01 y septiembre 25/02.

Tabla 15. Desplazamiento extensómetros. Control manual de extensómetros septiembre/02

Tabla 16. Velocidad de desplazamiento extensómetros. Control manual de extensómetros septiembre/02.

Tabla 17. Desplazamiento de las cabezas de los inclinómetros entre las campañas de noviembre 10/01 y septiembre 25/02.

Anexo 3 : Formatos de Clasificación Global de Riesgo.

Anexo 4 : Registro fotográfico

Anexo 5 : Carteras de topografía

**MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL DESLIZAMIENTO QUE AFECTA  
LOS BARRIOS SAN ANTONIO DEL MIRADOR, SANTA HELENA, SANTA  
VIVIANA, VISTA HERMOSA, SANTO DOMINGO Y LA CARBONERA**

**INFORME FINAL  
OCTUBRE DE 2002**

**TABLA DE CONTENIDO**

<b>1. GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
1.1. OBJETIVO Y ALCANCE .....	1
1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS .....	1
<b>2. CAMPAÑA DE MONITOREO NO. 10 DE OCTUBRE DE 2002 .....</b>	<b>2</b>
2.1. RESULTADO DEL CONTROL TOPOGRÁFICO.....	2
2.1.1. Levantamiento planimétrico y altimétrico de los Mojones de Referencia.....	2
2.1.2. Control puntos sobre viviendas .....	3
2.1.3. Otros puntos de control .....	4
2.1.4. Vectores de movimiento .....	4
2.1.5. Secciones Topográficas .....	4
2.2. CONTROL DE INSTRUMENTACIÓN .....	5
2.2.1. Resultados medición de piezómetros .....	5
2.2.2. Resultado de la medición con Extensómetros.....	6
2.2.3. Control manual de extensómetros .....	6
2.2.4. Resultado de la medición de inclinómetros.....	7
2.3. CONTROL ESTRUCTURAL .....	8
<b>3. RESUMEN DEL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL DESLIZAMIENTO EN EL PERIODO ENERO-OCTUBRE DE 2002 .....</b>	<b>9</b>
3.1. COMPORTAMIENTO DEL NIVEL FREÁTICO.....	9
3.2. COMPORTAMIENTO DE EXTENSÓMETROS.....	10
3.3. COMPORTAMIENTO DE INCLINÓMETROS .....	11
3.4. CONTROL ESTRUCTURAL.....	12
3.5. ESTADO FINAL DE LA INSTRUMENTACIÓN .....	13
3.6. ANÁLISIS GEOTÉCNICO.....	15
3.6.1. Bloques Estructurales .....	15
3.6.2. Pata del Deslizamiento .....	18
3.6.3. Proyección del Comportamiento Futuro.....	19
3.7. SISTEMAS DE ALARMA.....	21
3.8. ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN.....	24
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>25</b>
<b>5. ANEXOS .....</b>	<b>28</b>

**ANEXO 1**

**FIGURAS**

**ANEXO 2**

**TABLAS**

**ANEXO 3**

**FORMATOS CLASIFICACIÓN GLOBAL DE RIEGO**

**ANEXO 4**

**REGISTRO FOTOGRÁFICO**

**ANEXO 5**

**CARTERAS DE TOPOGRAFÍA**