



REDUCCION DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO EN LA CUENCA ALTA DEL RIO CAUCA Y DESARROLLO DE UN PILOTO DE ANALISIS PARTICIPATIVO DE VULNERABILIDAD EN LA SUBCUENCA DEL RIO MOLINO, MUNICIPIO DE POPAYAN, DEPARTAMENTO DEL CAUCA

INFORME FINAL

Ing. Cesare Crocetti (Universidad de Florencia - Italia)

Agradecimientos:

dr. Liliana Recaman Mejia (Coordinadora técnica Fundación Procuena Río Las Piedras)
dr. David Meneses Perdomo (contratista Fundación Procuena Río Las Piedras)
dr. José Libardo Ahumada Ahumada (Fundación Procuena Río Las Piedras)
ing. Fabio José Salazar (contratista Fundación Procuena Río Las Piedras)
Manuel Alejandro Orgonez Mendez (pasante Fundación Procuena Río Las Piedras).
dr. Luis Ortega (Programas de Naciones Unidas para el Desarrollo)
dr. Liliana Paz Burbano (Fundación Procuena Río Las Piedras)
dr. Laura Arboleda Silva (Fundación Procuena Río Las Piedras)

Indice

1. INTRODUCCION.....	3
2. LA INGENIERIA NATURALISTICA	4
3. LOCALIZACION	6
4 RASGOS GEOLOGICOS	11
5. CLIMA	11
6. COBERTURA VEGETAL	20
7. DESCRIPCIÓN Y ESQUEMA TIPO DE LAS ESTRUCTURAS REALIZADAS.....	21
8.1 ENTRAMADO VIVO DE PARED DOBLE	23
8.2 ENTRAMADO VIVO DE CAJON TRIANGULAR O <i>LATINO</i>	25
8.3 EMPARILLADO VIVO	27
7.4 TRINCHOS O EMPALIZADAS VIVAS	29
8.5 COBERTURA CON RED DE CABUYA Y ESTOLONES.....	30
9. FICHAS DE LAS OBRAS.....	31
9.1 RESGUARDO PURACÉ (OBRA PILOTO DE CAPACITACION)	31
9.2 RESGUARDO POBLAZON.....	34
9.3 RESGUARDO QUINTANA.....	37
9.4 RESGUARDO KOKONUKO	40
9.5 ASOCIACION ASOCAMPO	43
10. FICHAS DE LAS ESPECIES LEÑOSAS UTILIZADAS	46
11. ANALISIS DE LOS COSTOS.....	49
12. MANEJO Y MANTENIMIENTO	60
13. FICHAS DE MONITOREO.....	61
13.1 RESGUARDO DE PURACÉ (OBRA PILOTO DE CAPACITACION)	61
13.2 RESGUARDO DE POBLAZON	64
13.3 RESGUARDO DE QUINTANA	66
14. ANALISIS DE TRANSFERIBILIDAD TECNICO-ECONOMICA Y CONCLUSIONES	69
BIBLIOGRAFIA	75

1. INTRODUCCION

Este informe final se refiere a la primera parte del proyecto de *Reducción del riesgo por deslizamiento en la cuenca alta del Rio Cauca y desarrollo de un piloto de analisis participativo de vulnerabilidad en la subcuenca del Rio Molino*.

El sub-proyecto sobre la reducción del riesgo por deslizamiento fue desarrollado por la Fundación Procuencia Rio Las Piedras, el Acueducto y Alcantarillado de Popayan, la empresa de producción de energía ISA, las Naciones Unidas a través del P.N.U.D. (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo) y el DEISTAF (Departamento de Economía, Ingeniería, Ciencias y Tecnología Agrarias y Forestales) de la Universidad de Florencia (Italia)

Las actividades se realizaron en colaboración con cinco actores sociales locales que influyen directamente en el desarrollo socioambiental del área: Resguardos indígenas de Puracé, Kokonuko, Poblazón, Quintana y la Asociación campesina ASOCAMPO.

El sub-proyecto fue realizado para capacitar técnicos, maestros de obra y obreros locales en *Ingeniería Naturalística*: tecnología ambientalmente amigable para el control de la erosión y la reducción del riesgo por deslizamiento e inundación. Se realizaron actividades y obras de capacitación (según la filosofía del “aprender haciendo”) que se pueden así resumir:

- Taller de capacitación inicial con técnicos, maestros de obras y obreros (Puracé- Vereda de Hispala)
- Obra piloto de capacitación en Puracé - carretera via vereda de Hispala (*Resguardo de Puracé*)
- Replicas en:
 - Kokonuko – carretera via termales de Agua Hirviendo (*Resguardo de Kokonuko*);
 - Poblazón – carretera via Poblazón (*Resguardo de Poblazón*);
 - San Juan – carretera a lado del colegio de San Juan (*Resguardo de Quintana*);
 - Quintana – carretera via Quintana (*Asociación campesina Asocampo*);
- Analisis de tranferibilidad (técnica¹ y económica²) de las tecnologías de Ingeniería Naturalísticas utilizadas;
- Participación a conferencia para estudiantes de geografía de la Universidad de Innsbruck (Austria) en visita en el Cauca
- Recolección de datos para monitoreo del material vegetal utilizado;
- Taller final de conclusión con tecnicos de la Fundación Procuencia Rio Las Piedras.

Todas las obras fueron realizadas para arreglar movimientos de remociones en masa en taludes de carreteras. Se lograron así objetivos de capacitación y se solucionaron problemas de transporte de las comunidades locales (indígenas y campesinas).

La Universidad de Florencia, por tramite de su encargado *ing. Cesare Crocetti* (ingeniero civil-ambiental, con especialización en conservación del suelo) asesoró la realización de la obra piloto de capacitación y supervisó las cuatro replicas hasta la fecha del 19 de Julio 2011, acompañado por los técnicos de la Fundación Procuencia Rios las Piedras (*dr. David Meneses* - técnico forestal; *dr. José Libardo Ahumada* - técnico agropecuario; *ing. Fabio José Salazar* - ingeniero forestal; *Manuel Alejandro Orgonez* – estudiante en pasantilla en tecnologías de la producción agropecuaria ecológica). A la fecha del 19 de Julio se pueden considerar acabadas tres obras sobre cinco (Puracé, Poblazón, Quintana). A la misma fecha la obra Kokonuko se quedó bien adelantada (70% del total) y la de Asocampo en una fase de arranque (30% del total).

La Universidad de Florencia desarrolla desde el 2001 proyectos en Latinoamérica de estudio, búsqueda, experimentación y cursos con obra de capacitación. La idea inicial que dió impulso a

¹ Tecnologías, materiales, plantas con propiedades bio-técnicas, procedimientos de trabajo y de seguridad industrial

² Análisis de los costos y comparación con precios de estructuras equivalentes de la Ingeniería Civil

estos proyectos, fue que la Ingeniería Naturalística usa sobre todo mano de obra y materiales locales, entonces puede resultar más barata con relación a estructuras clásicas de la Ingeniería Civil (muros en concretos, gaviones, etc). Las análisis de transferibilidad técnica y económicas efectuadas a lo largo de diez años, revelan que las tecnologías de Ingeniería Naturalísticas se pueden utilizar en los países de Latinoamérica.

Entonces a través de este proyecto se logró también analizar la transferibilidad técnica y económica de las tecnologías de la Ingeniería Naturalística en la cuenca alta del Río Cauca. Se realizaron análisis de los costos de las obras realizadas y se implementó un plan de monitoreo para averiguar la eficacia de las especies vegetales utilizadas.

La metodología didáctica de las obras de capacitación se adapta muy bien en el contexto socioambiental en que se ejecutó. La Fundación Procuencia Río Las Piedras trabaja desde 20 años con las comunidades locales en proyectos participativos de buenas prácticas de manejo y conservación ambiental. La Fundación desarrolla sobre todo proyectos de en la cuenca del Río Las Piedras: planificación predial, establecimiento de sistemas silvopastoriles, rotación de potreros, parcelas de pan coger, producción de abono orgánico, bancos de forraje, cultivos bajo cubierta, recuperación de suelos con obras de bioingeniería, uso de insecticidas, fungicidas, pesticidas y fertilizantes orgánicos, desarrollo de actividades de agroecoturismo y actividades culturales.

Las actividades que la Fundación realiza resultan coherentes con los planes de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Las Piedras y de las otras cuencas del Río Cauca. Con este proyecto se logró implementar una importante y útil metodología para arreglar los movimientos de masa en la Cuenca alta del Río Cauca.

2. LA INGENIERIA NATURALISTICA

La Ingeniería Naturalística es una disciplina técnico-científica que estudia las modalidades de uso como materiales de construcción de plantas vivas, utilizadas solas o en combinación con otros materiales naturales y/o artificiales: piedras, maderas, acero, plásticos, etc.

Las finalidades de la Ingeniería Naturalística se pueden así resumir.

- *Técnicas*: control de la erosión, contención de deslizamientos, recuperación ambiental, disminución de los impactos de construcciones civiles, infraestructuras y urbanizaciones.
- *Naturalísticas*: no solamente de “maquillaje verde”, sino de recuperación de ecosistemas naturales.
- *Estéticas y paisajísticas*: de reconexión con el paisaje del alrededor.
- *Económicas y sociales*: competitividad económicas con relación a las intervenciones clásicas de la Ingeniería Civil (muros, gaviones, etc); obras que necesitan de mucha mano de obra que se puede encontrar en la región generando así empleo.

Los ámbitos de intervención de la Ingeniería Naturalística son:

- taludes;
- cuerpos hídricos;
- construcciones civiles, infraestructuras y urbanizaciones;
- recuperación ecológicas de minas y basureros.

En las obras de Ingeniería Naturalística se emplean materiales vegetales vivos³. Se utilizan especies nativas, colonizadoras, con rápido desarrollo, de origen local y con propiedades bio-tecnológicas, o sea propiedades biológicas⁴ y propiedades tecnológicas⁵.

³ Semillas, estolones, estacas, plantines, rizomas, cespedones, etc.

⁴ Propiedades biológicas: capacidad de propagación vegetativa, capacidad de sacar raíces del tallo enterrado, capacidad de aguantar temporadas sumergidas abajo del agua.

⁵ Propiedades tecnológicas: mejoramiento de las propiedades geo-mecánicas del suelo (ángulo de resistencia a la fuerza de corte), absorción del agua del suelo a través de las raíces, control erosión superficial agua descorrentada y de

La Ingeniería Naturalística se caracteriza además por análisis detalladas del sitio de intervención. Así como una cualquier obra de Ingeniería Civil se requieren análisis geológicas, geomorfológicas, geomecánicas, topográficas, hidráulicas (en los cuerpos de agua) y verificaciones estructurales. En una obra de Ingeniería Naturalística se necesitan además análisis de la pedología, del clima y de la vegetación del sitio de intervención, porque hay que escoger cuidadosamente las especies vegetales que sembrar, en relación a las características ecológicas.

Entonces una obra de Ingeniería Naturalísticas se caracteriza por:

- utilización de especies vegetales nativas con propiedades biotecnológicas como material de construcción
- análisis de las características climáticas y micro-climáticas del sitio de intervención;
- análisis de las características pedológicas del suelo;
- verificaciones estructurales, geomecánicas, geotécnicas y hidráulicas;
- análisis de las características florísticas y fitosociológicas para una elección ideal de las especies que sembrar;
- el uso de materiales naturales tradicionales (como piedra o madera) y de materiales artificiales de nueva concepción (como geotextiles o redes plásticas de cobertura antierosiva) en combinación con las plantas;
- la combinación de las funciones de estabilización con las de recuperación ambiental, estéticas y paisajísticas
- mejoramiento de la eficacia de las obras a lo largo del tiempo, gracias al desarrollo de las partes ipogéas y epigéas de las plantas.

Las tecnologías de Ingeniería Naturalística se pueden clasificar en estas categorías:

- *intervenciones de control de la erosión superficial*: siembra de semillas, espedones o estolones, cobertura con redes naturales o artificiales, etc.
- *intervenciones de estabilización superficial*: siembra de plantines o estacas, fajas, trinizados, trinchos, etc.
- *intervenciones de contención profunda*: entramados, gaviones vivos, escolleras vivas, etc.
- *intervenciones especiales*: barreras vivas contra el ruido, escaleras para peces, barreras contra el viento, etc.

3. LOCALIZACION

Las obras fueron realizadas en el Departamento del Cauca (*Mapa 3.a*), en los municipios de Puracé y de Popayan (*Mapa 3.b*) ubicados en la zona andina del sur de la Colombia.

En Colombia los Andes se parten en tres cordilleras: la Occidental, la Central y la Oriental. La ciudad de Popayan, capital del Departamento, esta ubicada en la altollanura entre las primeras dos cordilleras (*Mapa 3.c*).

Las obras se realizaron al este de Popayan, hacia la cordillera Central.

Los sitios de intervenciòn quedan todos a 45-75 minutos en carro desde Popayan y a una altitud entre 2100-2500 msnm (*Mapa 3.d*).

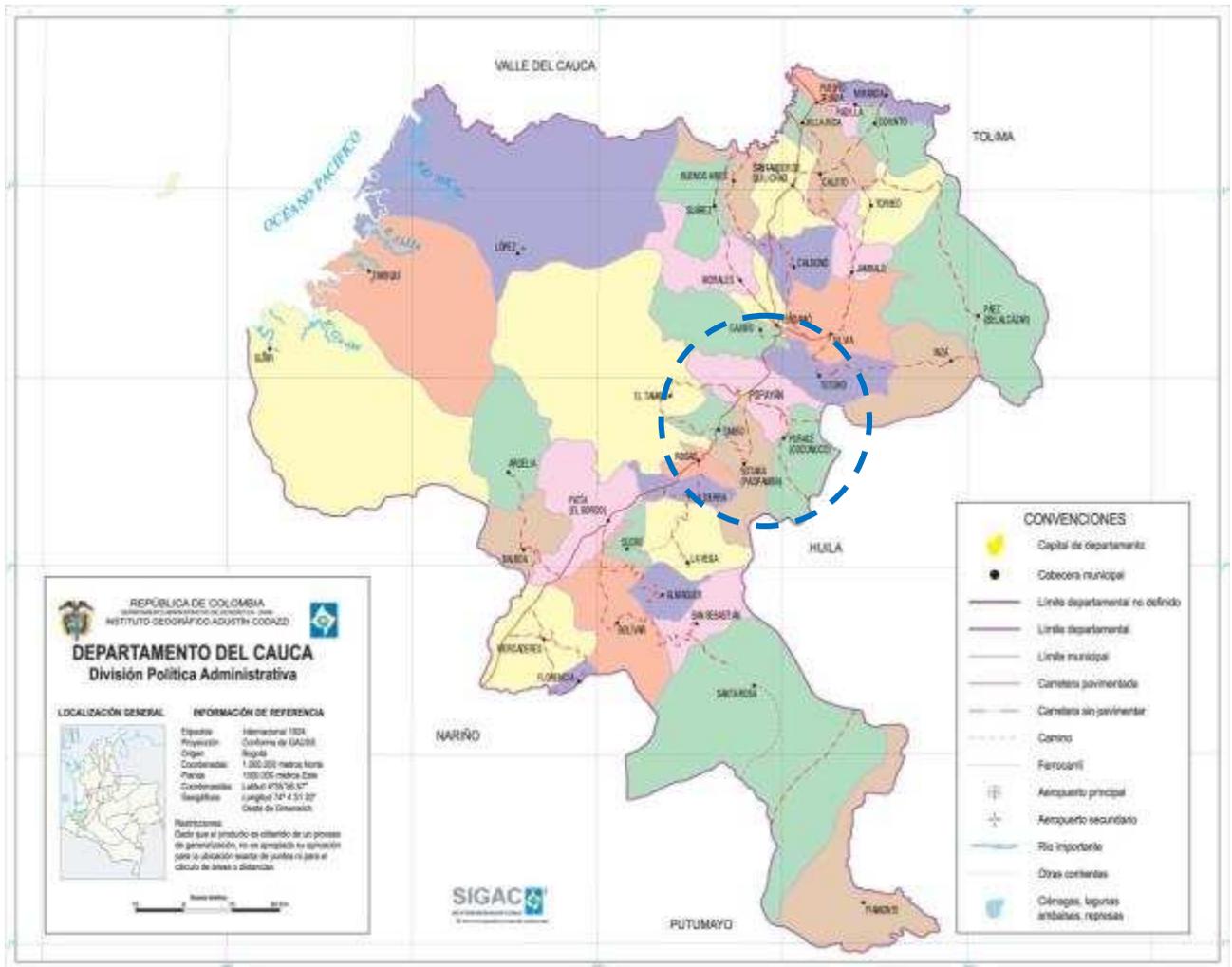
La obra piloto de capacitaciòn, realizada en el Resguardo de Puracé, y las de los Resguardos de Kokonuko y Poblazòn, estan ubicadas en la cuenca alta del Rio Cauca. La obra del Resguardo de Quintana y la de la Asociaciòn ASOCAMPO estan ubicadas en la subcuenca del Rio Las Piedras, afluente del Rio Cauca.

LUGAR	CUENCA	MUNICIPIO	RESGUARDO O ORGANIZACION
Vereda Hispala (OBRA PILOTO DE CAPACITACION)	Cauca	Puracé	Resguardo indigena de Puracé
Poblazòn	Cauca	Popayan	Resguardo indigena Poblazòn
Vereda San Juan	Las Piedras	Popayan	Resguardo indigena de Quintana
Kokonuko	Cauca	Puracé	Resguardo indigena Kokonuko
Vereda Quintana	Las Piedras	Popayan	Asociaciòn campesina Asocampo

Tabla 3.a – Ubicaciòn de las obras



Mapa 3.a – Mapa política de Colombia. En el círculo azul la ubicación del Departamento del Cauca. (MAGELLAN Geographix, 1992)



Mapa 3.c - Ubicación Municipios de Popayan y Puracé en el Departamento del Cauca. (SIGAC-Instituto Geográfico Augustin Codazzi, 2008)



Mapa 3.d – Ubicación de las obras realizadas

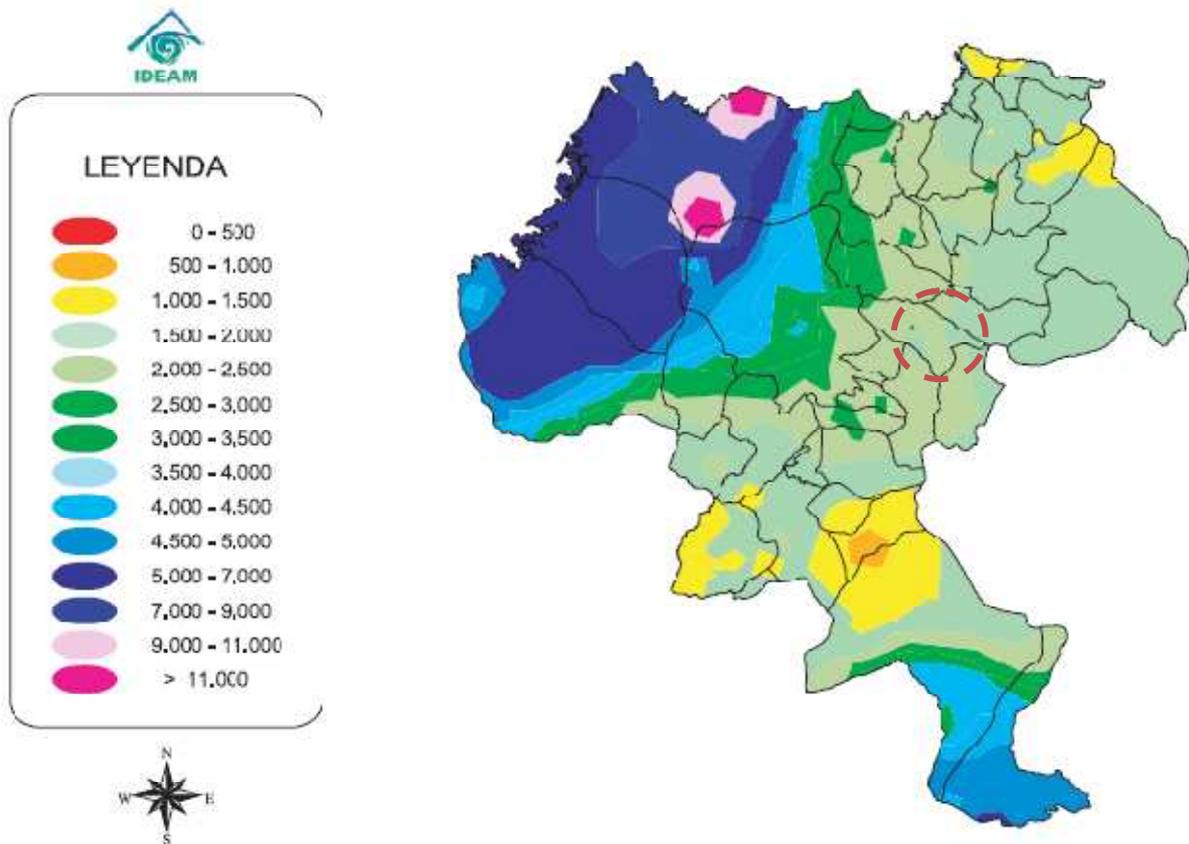
4 RASGOS GEOLOGICOS

Se vea Anexo 1 “Mapa Geològica del area del Proyecto”

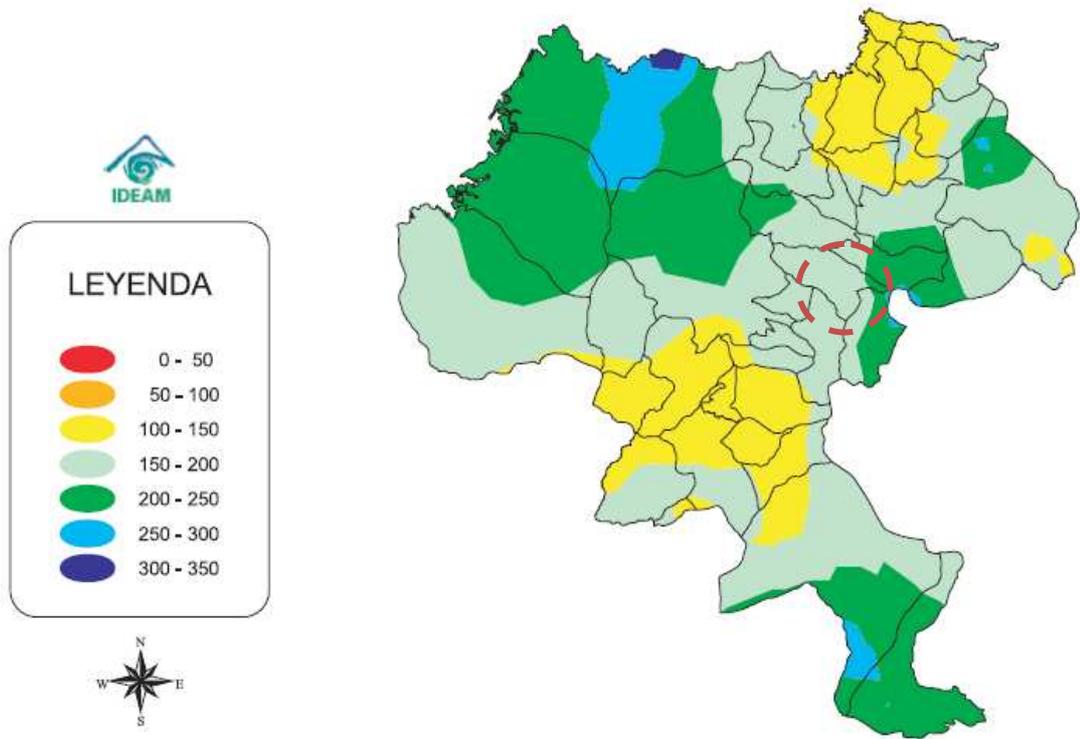
5. CLIMA

Las anàlisis del clima de los sitios de intervenciones fueron realizadas a través de búsqueda bibliogràfica.

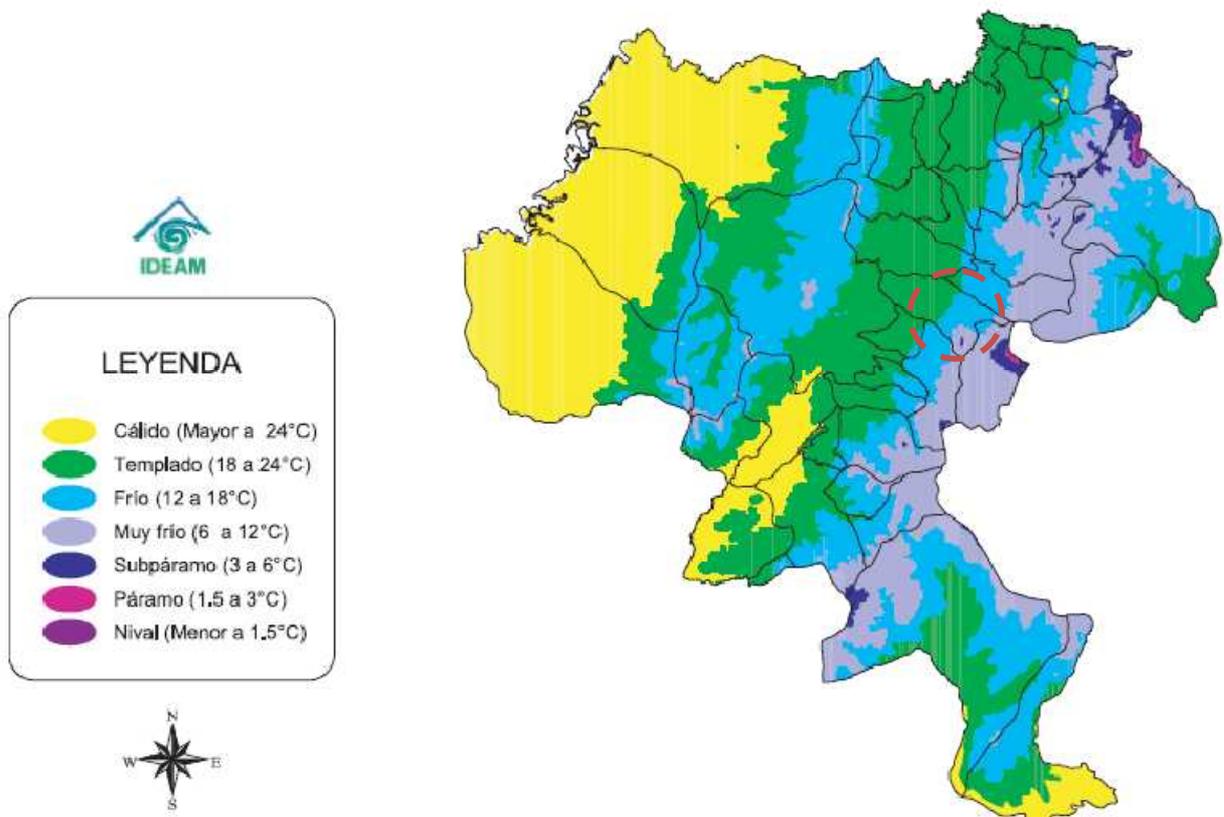
Para una clasificaciòn general del Departamento del Cauca se utilizò el *Atlas Climatològico de Colombia* (2005) del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. El area bajo estudio esta ubicada en zonas con precipitaciones totales anuales entre 1500-2500 mm (*mapa 5.a*), días de lluvia anuales entre 150 y 250 (*mapa 5.b*) y temperatura media anual (°C) entre 6-24 °C, o sea entre las zonas templada frìa y muy frìa (*mapa 5.c*).



Mapa 5.a - Precipitación total anual (mm). En el círculo rojo se ubica el área de estudio (Atlas Climatològico Colombia, 2005)



Mapa 5.b. Número de días con lluvia. En el círculo rojo se ubica la area de estudio (Atlas Climatologico Colombia, 2005)

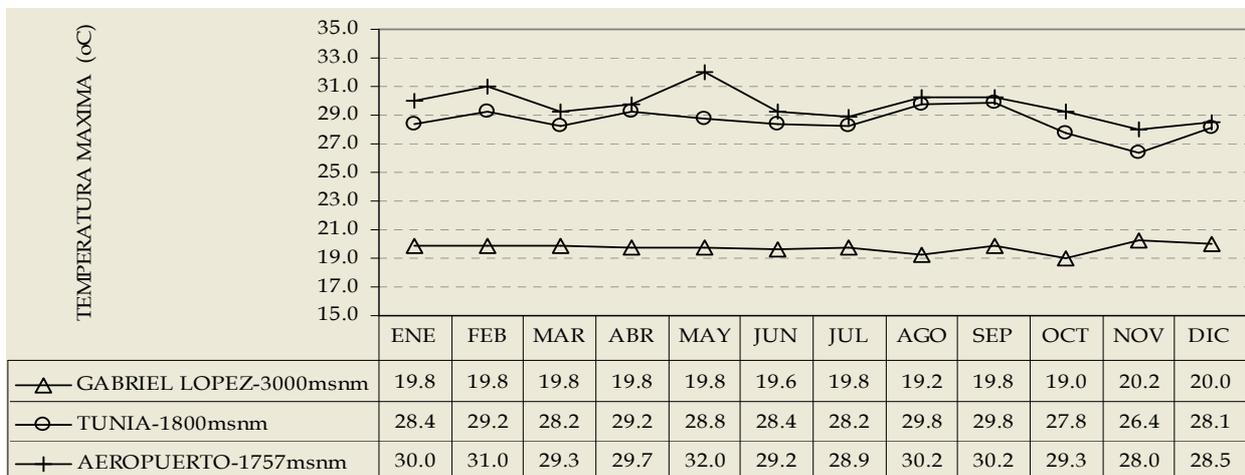


Mapa 5.c. Temperatura media anual (°C). En el círculo rojo se ubica la area de estudio (Atlas Climatologico Colombia, 2005)

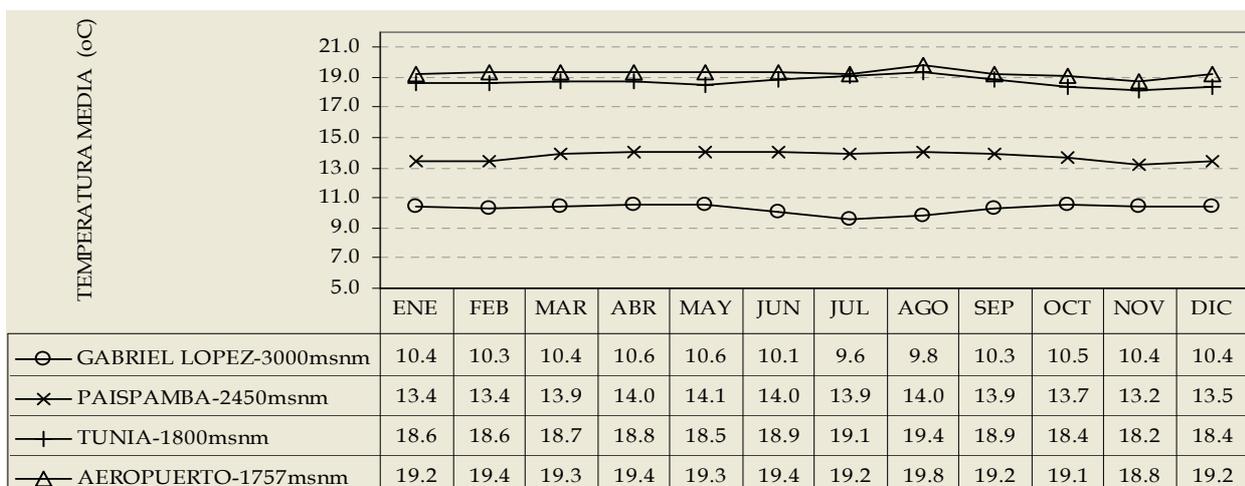
Para una anàlisis mäs detallada del clima de las zonas de intervenciòn se utilizò el *Plan de Ordenaciòn y Manejo de la Cuenca del Rio Las Piedras* (2006) de la Fundaciòn Procuencia Rio Las Piedras. Dos de las obras realizadas (Asocampo y Quintana) se encuentran en la subcuenca del Rio Las Piedras , que queda muy cercana a las tres obras mäs (Puracé, Poblazòn, Kokonuko), ubicadas en la cuenca alta del Rio Cauca.

La subcuenca del Rio Las Piedras esta ubicada en un area con tipico clima ecuatorial de montañas con pisos térmicos. El Plan de Ordenaciòn y Manejo clasifica las veredas de San Juan y la parte media de la de Quintana en el piso climatico *frio y humedo*. Este piso cubre la franja altitudinal de 2000 a 3000 m, con rangos promedio anual de temperatura, precipitaciòn, humedad relativa, brillo solar, tensiòn de vapor y nubosidad de 18,4°C, 172,9 mm, 84 mm, 123horas, 17,5 M bares, 5.8 horas respectivamente.

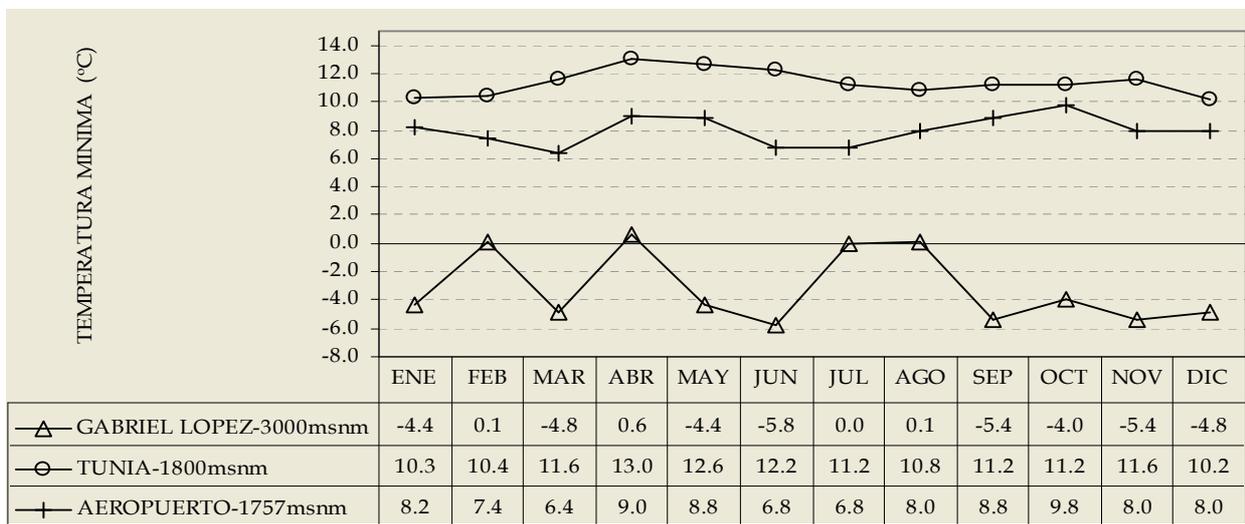
Para estudiar el régimen de temperatura el P.O.M. utiliza cuatro estaciones ubicadas fuera de la subcuenca del Rio Las Piedras, que pero dan un marco regional aceptable para una caraterizaciòn de esta zona del Departamento de Cauca.. Las estaciones con altitudes mäs cercanas a las de los sitios de intervenciones son la de Tunia (1800 msnm) y la de Paispamba (2450 msnm), esta ultima solo tiene datos de temperatura media. (*Cuadros 5.a, 5.b, 5.c*)



Cuadro 5.a - Temperaturas medias anuales mäsima (°C) en tres estaciones cercanas a la subcuenca del Rio Las Piedras (Plan de Ordenaciòn y Manejo Cuenca Rio Las Piedras, 2006)



Cuadro 5.b - Temperaturas medias anuales media (°C) en tres estaciones cercanas a la subcuenca del Rio Las Piedras (Plan de Ordenaciòn y Manejo Cuenca Rio Las Piedras, 2006)

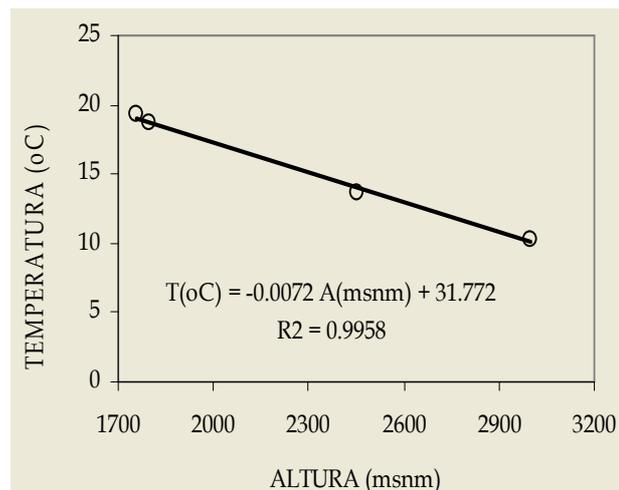


Cuadro 5.c - Temperaturas medias anuales mínima (°C) en tres estaciones cercanas a la subcuenca de Río Las Piedras (Plan de Ordenación y Manejo Cuenca Río Las Piedras, 2006)

La temperatura media del área de estudio es relativamente estable; su variación está determinada por los pisos altitudinales y varía entre los 18.4° C en la parte baja y los 10.4° C en el páramo. La zona presenta variaciones muy significativas en las temperaturas extremas. Se anotan temperaturas mínimas mensuales de -5.8°C en el páramo y de 10.2°C en Tunia. Temperaturas máximas mensuales de 18.3°C en Gabriel López y de 25.9°C en Tunia.

La relación entre altura (el principal elemento causante de la diferencia climática) y temperatura media mensual multianual, revela una correlación lineal de muy buena aproximación, que permite efectuar una estimación de la temperatura media de los sitios de intervención (Cuadro 5.d). Considerando que los sitios de intervención están ubicados a una altitud entre 2000-2500 msnm, se puede estimar una temperatura media mensual entre 13-17° C.

ESTACION	Altura (msnm)	Temp (°C)
AEROPUERTO	1757.0	19.3
TUNIA	1800.0	18.7
PAISPAMBA	2450.0	13.7
GABRIEL LOPEZ	3000.0	10.3



Cuadro 5.d - Relación entre Altura y Temperatura media mensual multianual (Plan de Ordenación y Manejo Cuenca Río Las Piedras, 2006)

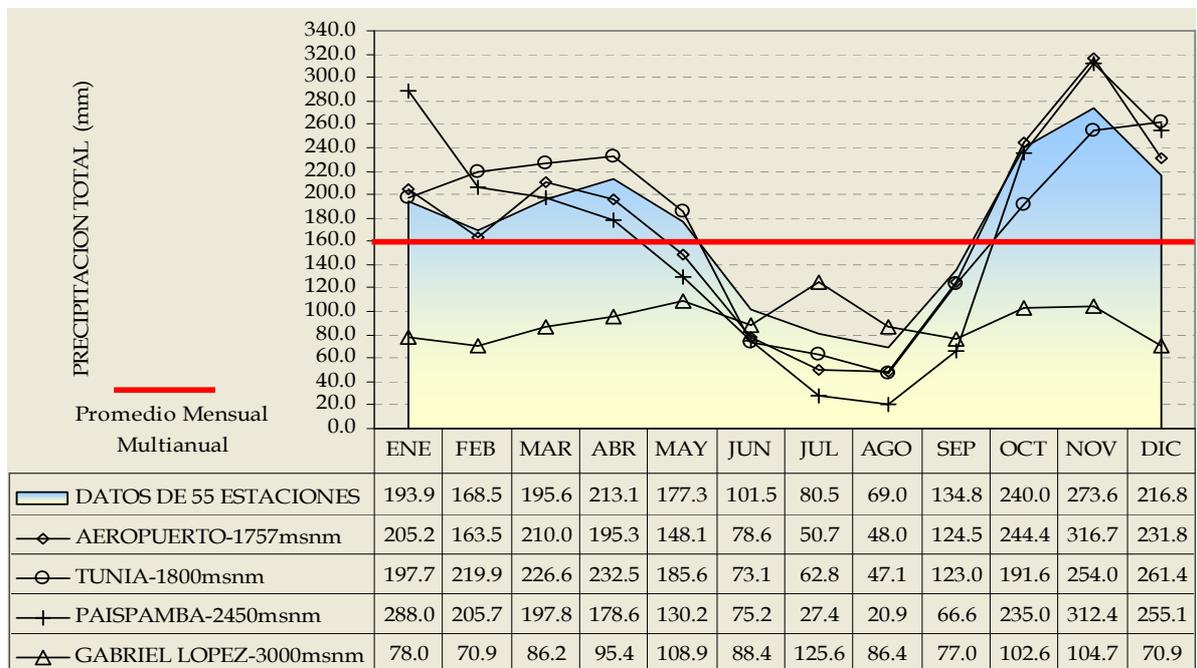
Para analizar regionalmente el régimen de precipitaciones el P.O.M. utiliza los datos de 18 estaciones del Departamento del Cauca (*Tabla 5.a*).

ESTACION	SUBCUENCA	MUNICIPIO	ELEV (m)	TE	PREC (mm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
APTO GL VALENCIA	CAUCA	POPAYAN	1730	SP	2016.8	205.2	163.5	210.0	195.3	148.1	78.6	50.7	48.0	124.5	244.4	316.7	231.8
VENTA DE CAJIBIO	CAJIBIO	CAJIBIO	1800	CO	2245.0	259.7	217.9	246.0	226.9	185.7	87.5	52.6	52.4	130.3	220.6	285.6	279.7
COCONUCO	CHANGUE	PURACE	2800	PM	1616.9	152.1	124.3	171.0	180.8	147.5	62.8	43.1	29.1	82.3	212.2	233	178.7
PURACE	VINAGRE	PURACE	2630	PM	1960.7	192.1	135.3	192.8	190.9	205.5	66.6	71.6	40.0	113.5	232.5	283.5	236.6
LOMA REDONDA	PIEDRAS	PURACE	3305	PM	2654.9	104.7	130.4	140.4	215.6	263.4	327.7	481.2	300.5	211	194.5	162.2	123.6
LAGUNA SAN RAFAEL	BEDON	PURACE	3420	PM	2298.2	102.3	117.1	128.9	195.3	220.1	271.1	400.6	245.6	159.5	177.1	160.8	119.8
TOTORO	COFRE	TOTORO	2500	PM	1722.8	193.1	192.0	210.1	155.8	119.1	41.1	29.9	19.5	78.9	198.1	245.4	239.8
SATE	SATE	POPAYAN	1470	PM	2161.4	202.6	183.2	208.4	197.6	151.3	103.8	53.2	58.0	145.5	264.5	326.2	267.2
TERMALES PILIMBALA	VINAGRE	PURACE	2900	PM	1545.1	120.8	114.9	143.3	136.7	118.5	96.4	117.2	94.2	75.8	186.3	195.2	145.8
POLINDARA	PALACE	TOTORO	2470	PM	1432.4	174.4	118.9	167.6	120.9	88.4	36.9	28.8	13.7	65.2	187.9	250.8	178.8
JULUMITO ALERTAS	CAUCA	POPAYAN	1500	PM	2410.9	244.2	221.4	220.0	207.9	177.9	101.2	62.0	65.5	165.6	302.7	365.1	277.3
GABRIEL LOPEZ	PALACE	TOTORO	3000	CO	1095.1	78.0	70.9	86.2	95.4	108.9	88.4	125.6	86.4	77	102.6	104.7	70.9
PAISPAMBA	TIMBIO	TIMBIO	2850	PM	1883.6	179.7	165.7	208.7	197.8	149.1	26.9	29.4	21.5	90.2	258.1	279.5	277.1
SALADITO	Q EL SALADO	TIMBIO	1820	PM	1837.5	228.4	161.5	183.2	183.0	136.3	70.2	28.3	28.5	90.7	203.3	276.5	247.5
SALINAS	TIMBIO	TIMBIO	2450	PM	1540.6	210.4	111.9	177.3	140.9	125.9	54.3	23.7	14.9	67.7	181.2	224.8	207.8
ARRAYANALES	LAS PIEDRAS	POPAYAN	2464	PM	1946.5	257.7	188.6	217.1	146.4	157.0	72.7	21.1	28.4	75.3	246.5	308.3	227.3
SAN PEDRO	LAS PIEDRAS	POPAYAN	2900	PM	2169.6	309.0	206.9	215.9	144.9	160.9	63.3	42.1	26.3	70.7	271.1	369.4	289.1
EL LAGO	LAS PIEDRAS	POPAYAN	2020	PM	2123.5	272.8	247.8	168.8	155.8	166.0	75.8	41.0	38.2	150.8	226.6	301.2	279.0

Tabla 5.a - Precipitación media mensual multianual de varias estaciones del Dpto. del Cauca (Plan de Ordenación y Manejo Cuenca Rio Las Piedras, 2006)

La análisis de los datos de precipitación de las estaciones de la Tabla 5.a revelan la presencia de un régimen de lluvias monodal, caracterizado por un periodo de lluvias entre setiembre y mayo y un periodo seco entre junio y agosto, no obstante el periodo de lluvia más intenso se presenta en los meses de Setiembre-Diciembre. El promedio de la precipitación anual es de 1926 mm de lluvia y la precipitación promedio mensual multianual es de 160,5. Las estaciones Loma Redonda y Gabriel López registran los valores más altos y bajos con 2654 mm y 1095 mm respectivamente.

En el cuadro siguiente (*Cuadro 5.e*) se comparan las precipitaciones medias mensuales multianuales de 55 estaciones del Departamento de Cauca con el promedio mensual de las 18 estaciones de la Tabla 5.a (línea roja de 160,5 mm) y con los datos de las cuatro estaciones de los Cuadros 5.a, 5.b, 5.c.



Cuadro 5.e - Precipitación media mensual multianual en la región. Comparación entre el promedio mensual multianual de las 18 estaciones de la Tabla 6.a (línea roja 160,5 mm) con el promedio de 55 estaciones del Cauca y los datos de las 4 estaciones de los Cuadros 6.a, 6.b, 6.c (Plan de Ordenación y Manejo Cuenca Río Las Piedras, 2006)

El régimen de precipitación de la zona bajo estudio está afectado por varios eventos físicos y climáticos (P.O.M. Río Las Piedras, 2006)

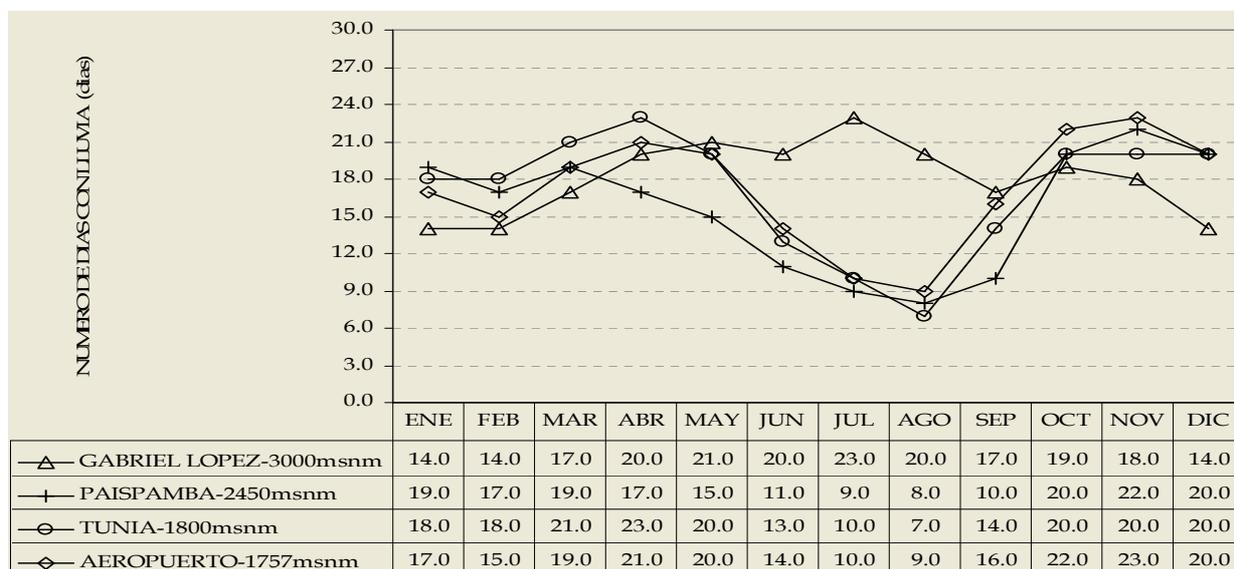
- gran cantidad de masa de agua llevadas por las nubes que llegan desde el océano Pacífico y que son impulsadas, por los vientos alisios y locales, hasta la altillanura de la zona media del Departamento del Cauca;
- las masas húmedas se encuentran con una barrera franca de mayor altura representada en la cordillera Central;
- la humedad que logra pasar sobre la cordillera Occidental choca contra la Central y se producen precipitaciones de tipo orográfico.

Se puede notar que no existe una uniformidad regional de las precipitaciones.

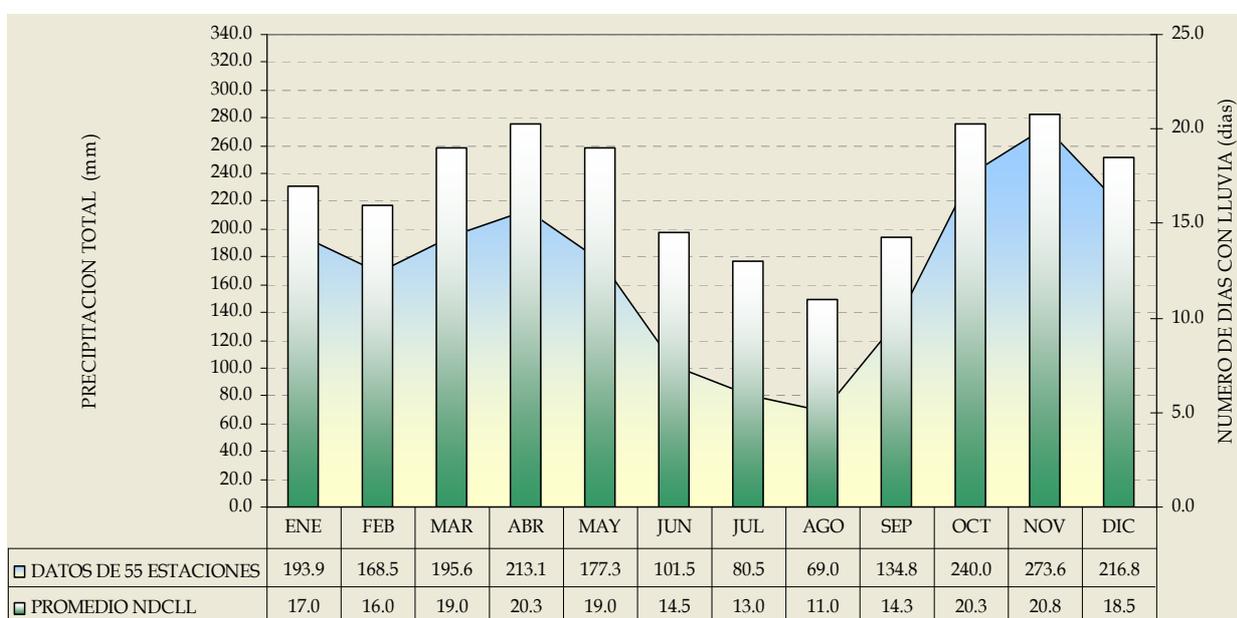
La estación de Gabriel López (la de mayor altitud) registra valores mínimos, esto debido a las modalidades de precipitación de gran altura, denominada *precipitación horizontal*, donde el diseño de los pluviómetros no sirven para medir este fenómeno.

La análisis excluye las condiciones cambiantes del clima global, comprobada por otros estudios realizados en la región Surcolombiana (P.O.M. Río Las Piedras, 2006).

El número de días con lluvia registrados en las cuatro estaciones climatológicas cercana de la subcuenca del Río Las Piedras, muestra que existe uniformidad en el número de eventos. El promedio es de 17 días de precipitaciones al mes, aunque en los meses más secos solo alcanzan los 6 días al mes en promedio (*Cuadro 5.f*). Entonces se presentaron sequías de 25 días durante algún mes del año. La comparación del número de días con lluvia al mes con la precipitación media mensual, revela que el número de eventos de precipitación es proporcional a la cantidad precipitada durante el mes siendo la magnitud de las precipitaciones muy similares, esto es 10 mm/día en cualquier mes del año. (*Cuadro 5.g*).



Cuadro 5.f - Número de días con lluvia en las cuatro estaciones climatológicas estudio (Plan de Ordenación y Manejo Cuenca Rio Las Piedras, 2006)



Cuadro 5.g - Comparación entre el número de días con lluvia en cuatro estaciones climatológicas y los registros medios mensuales multianuales en 55 estaciones del Cauca (Plan de Ordenación y Manejo Cuenca Rio Las Piedras, 2006)

Para completar el análisis climática de los sitios de intervenciones, se elaboraron por fin los climogramas (o diagramas ombrotérmicos)⁶ de las estaciones de Paipamba (2450 msnm) y Tunia (1800 msnm). El diagrama ombrotérmico se caracteriza por su realización sencilla y por su importantes informaciones ecologicas. El climograma es un gráfico de doble entrada que tiene:

- en el eje de abscisas los meses del año
- en el eje derecho de las ordenadas las precipitaciones in mm
- en el eje izquierdo de las ordenadas las temperaturas en °C (a la izquierda), con escala doble del eje de las precipitaciones (1°C=2 mm).

⁶ Climogramas de Bagnouls y Gausson (1957) modificado por Walter y Lieth (1960-67)

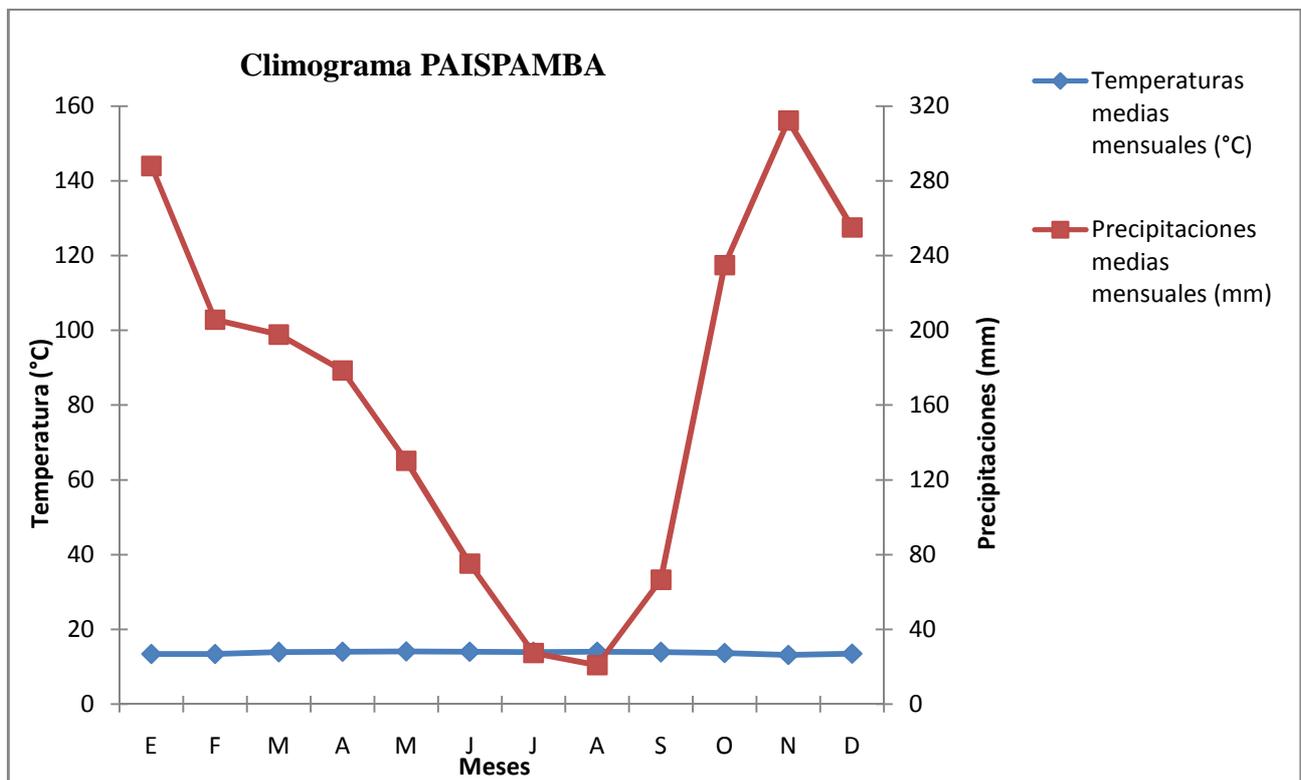
Así realizado el diagrama ombrotérmico evidencia la presencia de periodos de sequía si la curva de las temperaturas supera la de las precipitaciones. Así se puede por ejemplo planear los periodo de riego para el mantenimiento de las obras.

El climograma de Paispamba evidencia una estación de sequía levemente marcada y muy breve (más o menos un mes entre Junio y Agosto). El diagrama de Tunia evidencia la ausencia de una estación seca.

PAISPAMBA

Meses	Temperaturas medias mensuales (°C)	Precipitaciones medias mensuales (mm)
E	13,4	288,0
F	13,4	205,7
M	13,9	197,8
A	14	178,6
M	14,1	130,2
J	14	75,2
J	13,9	27,4
A	14	20,9
S	13,9	66,6
O	13,7	235,0
N	13,2	312,4
D	13,5	255,1

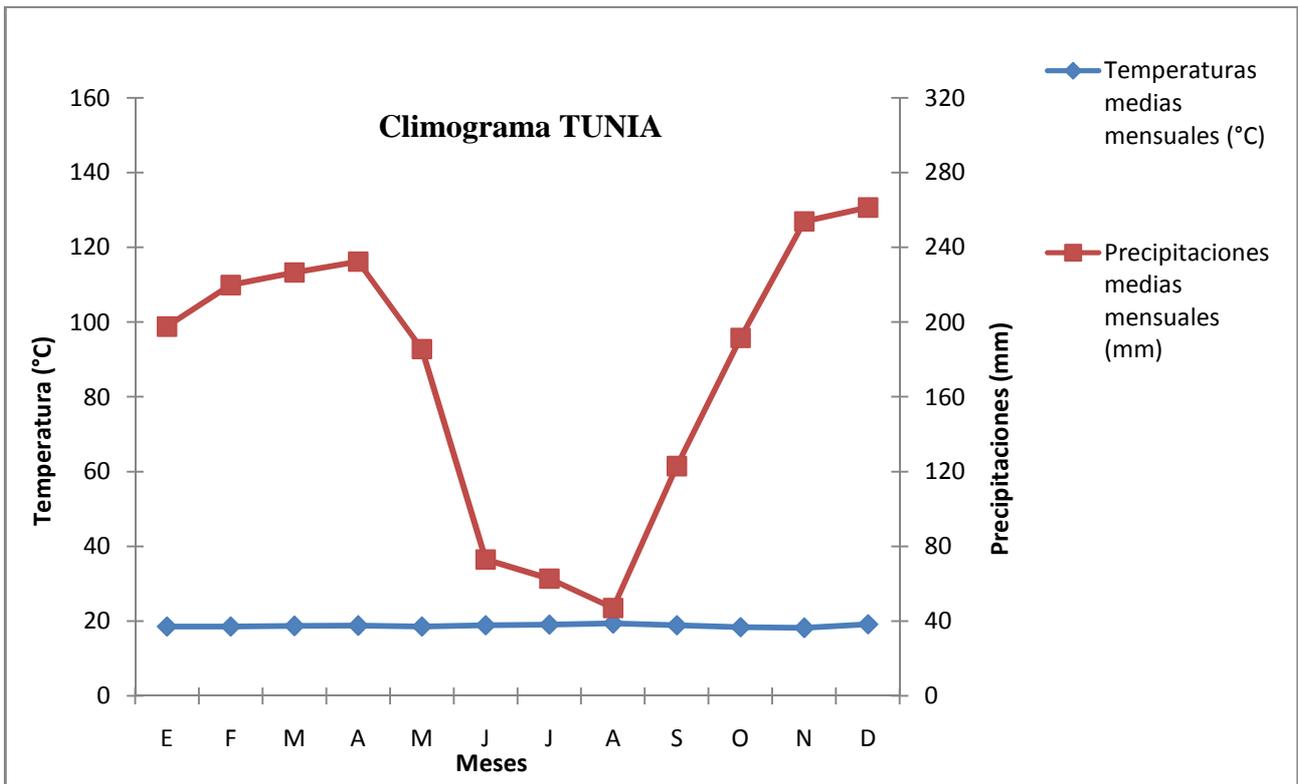
Elevación estación (m)	2450
Temperatura media anual (°C)	13,8
Precipitación total anual (mm)	1992,9
Promedio precipitación total multianual (mm)	166,1



TUNIA

Meses	Temperaturas medias mensuales (°C)	Precipitaciones medias mensuales (mm)
E	18,6	197,7
F	18,6	219,9
M	18,7	226,6
A	18,8	232,5
M	18,6	185,6
J	18,9	73,1
J	19,1	62,8
A	19,4	47,1
S	18,9	123,0
O	18,4	191,6
N	18,2	254,0
D	19,2	261,4

Elevaciòn estaciòn (m)	2450
Temperatura media anual (°C)	18,8
Precipitaciòn total anual (mm)	2075,3
Promedio precipitaciòn total multianual (mm)	172,9



6. COBERTURA VEGETAL

Los sitios de las obras se encuentran en un ecosistema de *bosque andino humedo*, conocido también como “bosque de niebla” según la clasificación de Cuatrecasas.

El bosque andino se caracteriza por presencia de alta humedad, niebla en buena parte del año y un régimen de lluvia intenso. En Colombia los bosques andinos se localizan en las tres cordilleras, la Sierra Nevada de Santa Marta, la Sierra de la Macarena y la serranía del Darién en la franja de altitud entre 1000-4000 msnm.

Los bosques andinos empiezan por encima del nivel de la selva húmeda tropical, entre los 1.000 y 1.200 msnm. A partir de los 1.800 o 2.000 metros están frecuentemente cubiertos de nebla y por esto se les suele llamar "bosques de niebla".

En los bosques andinos hay poca variedad de árboles leñosos (sietecueros, roble, etc.), pero abundan muchas variedades de orquídeas, musgos, y líquenes, que crecen sobre las ramas de los árboles o forman colchones sobre el suelo. En los árboles se pueden encontrar muchas plantas epifitas, orquídeas y helechos que pueden llegar a cubrir materialmente los troncos.

Los bosques andinos cumplen un gran papel como protectores de cuencas hidrográficas. El suelo esponjoso, los densos colchones de musgos, las hojas, las ramas y los troncos acumulan el agua y la liberan gradualmente, permitiendo que los caudales de ríos y quebradas sean relativamente regulares, incluso durante las temporadas secas.

Lastima el bosque andino es el ecosistema más amenazado de Colombia, porque está situado en la parte más poblada del país. Sólo queda un 4% de superficie del país cubierta por bosques andinos y en muchas partes persisten sólo como fragmentos aislados (www.parquenacionales.gov.co).

El desarrollo de las cultivaciones frías (papas, maíz, etc.) y de la ganadería en Sur América originó un vertiginoso aumento de la población en las montañas. Esto hizo necesario abrir cada vez más zonas para vivienda, agricultura y ganado.

También la cuenca alta del Río Cauca en la franja de altitud en bajo estudio (2000-2500 msnm) está afectada por intensas actividades antrópicas, sobre todo ganadería extensiva. Se encuentran así muchos pastos explotados de manera muy intensa, y las áreas de bosque que quedan son pocas y aisladas.

Se puede afirmar que las zonas de intervenciones están conformadas por una cobertura vegetal de cultivos, pequeñas áreas de bosques y sobre todo pastos.

7. DESCRIPCIÓN Y ESQUEMA TIPO DE LAS ESTRUCTURAS REALIZADAS

El esquema de trabajo utilizado comprende las siguientes obras de Ingeniería Naturalística:

- una estructura de contención por su propio peso (entramado de pared doble y/o entramado con cajón triangular *latino*)
- estructuras de estabilización superficial (emparillado, trinchos y siembra de plantines y estacas)
- intervenciones de control de erosión superficial (cobertura con red de cabuya y estolones, siembra de cespedones)

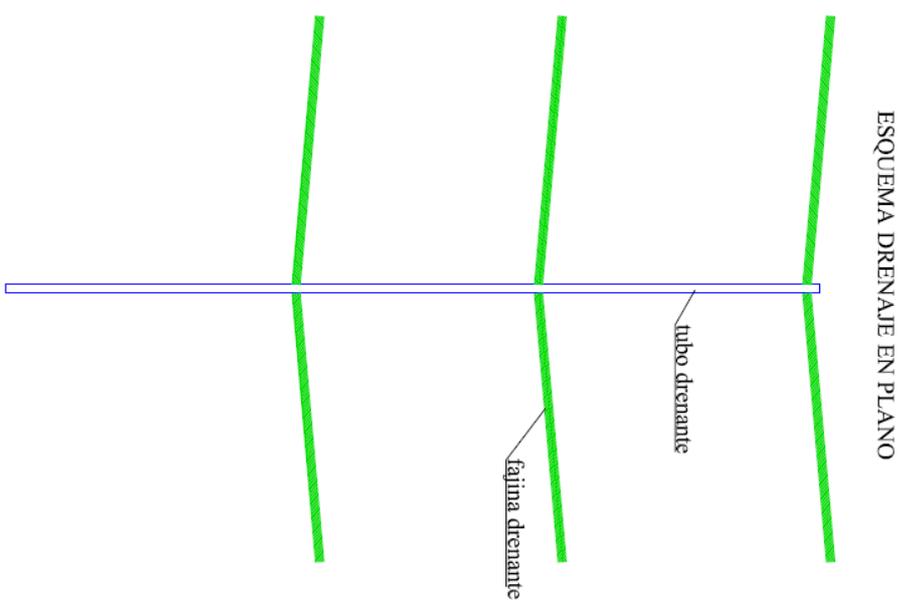
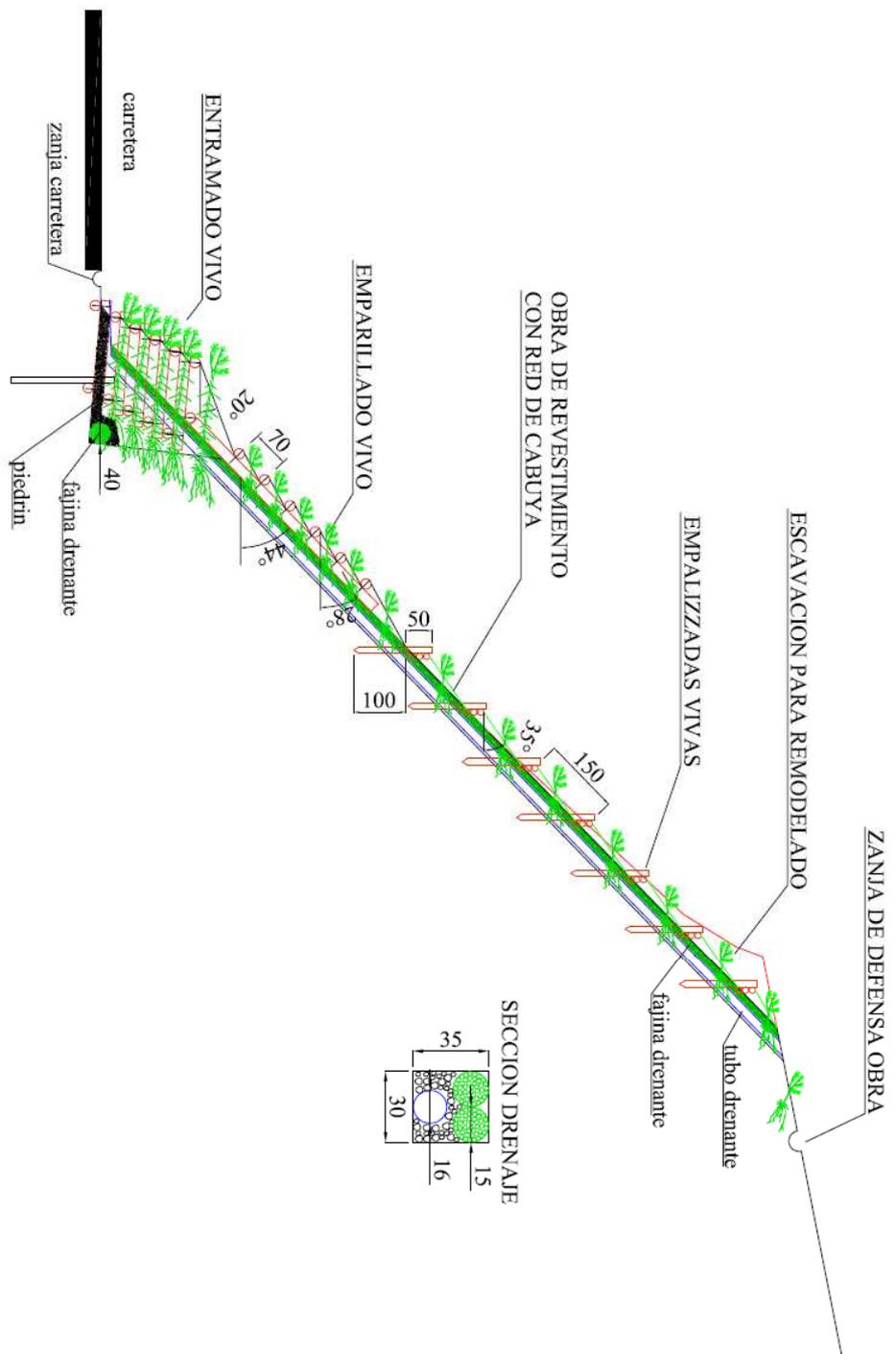
En todos los sitios se realizaron entramados vivos en el pie del talud, que detienen con su propio peso la fuerza de empuje del talud. En dos obras (Quintana, Asocampo) se realizaron dos niveles de entramado, uno por encima de otro, para alcanzar la altura necesaria a consolidar el deslizamiento. Los niveles de arriba se colocan con el palo de cemento exterior a una distancia que depende de la altura del nivel de abajo y de las características geomecánicas del material terroso de relleno. Lo mismo vale para emparillado realizados por encima de entramados.

Con taludes de pendiente entre 45°-55° se contruyeron por encima de los entramados emparillados y luego trinchos (Kokonuko, Asocampo). Con taludes de pendiente menor se realizaron directamente trinchos por encima del entramado (Puracé, Poblazón). En Puracé solo se realizó un pequeño emparillado a la izquierda sin trinchos arriba. Coberturas con redes de cabuya y estolones se realizaron para proteger la corona del talud contra la erosión superficial (Puracé, Poblazón, Kokonuko, Asocampo).

En dos obras se sembraron cespedones entre los trinchos y en el entramado (Quintana, Poblazón).

En dos obras fue necesario contruir sistemas de drenaje para el manejo de las aguas subterráneas (Puracé, Asocampo). Canales de corona se realizaron para el control de las aguas de lluvia (Puracé, Asocampo, Poblazón, Kokonuko). En la obra del resguardo de Quintana fue necesario realizar un sistema de manejo del agua de lluvia de los techos del colegio.

En la página siguiente el dibujo del esquema tipo utilizado



7.1 ENTRAMADO VIVO DE PARED DOBLE

Estructuras de contención por su propio peso realizada con palos de madera que forman cajones rectangulares. El entramado se rellena con material terroso y se siembran estacas y plantines. Se utiliza para la consolidación de taludes y riberas (en este caso la estructura se rellena en parte con piedras y rocas).

Materiales: palos de madera durable sin corteza (diam. 18-30 cm), clavos de hierro corrugado (diam. 10-14 mm), estacas y plantines, material terroso.

Procedimientos de ejecución.

1. Excavaciones.
2. Colocar los palos de cimiento paralelos al talud (*listones*; 4-5 m) con interdistancia de 2-2,5 m y con pendiente entre los dos de 5-15° hacia dentro. Los palos de cimiento se colocan enterrados en una zanja profunda como el diámetro de los troncos.
3. Colocar los palos perpendiculares al talud (*travesaños*; 2-2,5 m) por encima de los listones y clavarlos con interdistancia máxima de los ejes de 2 m. Colocar un listón interno y uno externo por encima de los travesaños y clavarlos.
4. Siembra de estacas y/o plantines y relleno con material inerte terroso.
5. Repetición de los pasos 3 y 4 hasta alcanzar la altura necesaria.
6. Relleno hasta cobertura completa de la obra para reconectar la estructura al talud.
7. Siembra de cespedones, estolones o semillas.

Requisitos de ejecución

- Estacas de longitud suficiente para alcanzar el suelo natural por detrás del entramado.
- La pared externa del entramado debe tener 60° de pendiente sobre la horizontal (Fig. 8.1.b).
- Colocar los travesaños por medio de la distancia de los debajo (Fig. 8.1.e).
- Hay que rellenar el entramado por capas, para bien comprimir el material terroso.
- La altura máxima que se puede alcanzar es de 2,5 m.
- Los clavos tienen longitud igual a 3-4 cm menos del diámetro de dos troncos superpuestos. Ante de clavarlos con maza se realizan huecos con taladro y broca del mismo diámetro de los clavos. No se pueden utilizar clavos de carpintero.
- Hay que colocar los palos de cimiento siempre horizontales y realizar gravas si el suelo tiene pendiente, como por ejemplo una carretera que sube/baja (Fig. 8.1.c).
- Es preferible colocar los listones amarrando los módulos de entramado entre ellos (como los ladrillos de un muro) y sin dejar líneas de unión, creando así una obra única (Fig. 8.1.e).

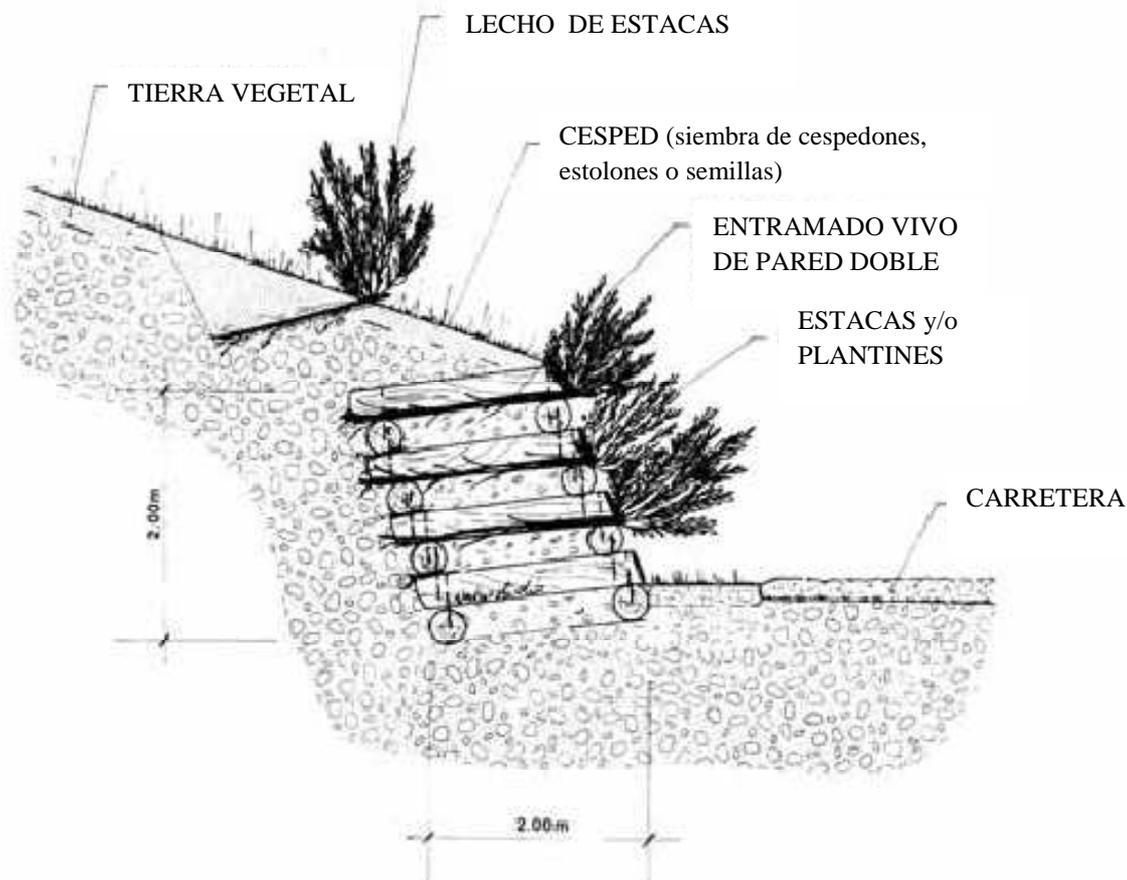


Figura 7.1.a - Entramado vivo de pared doble - Vista lateral (SAULI, CORNELINI, PRETI; 2006)

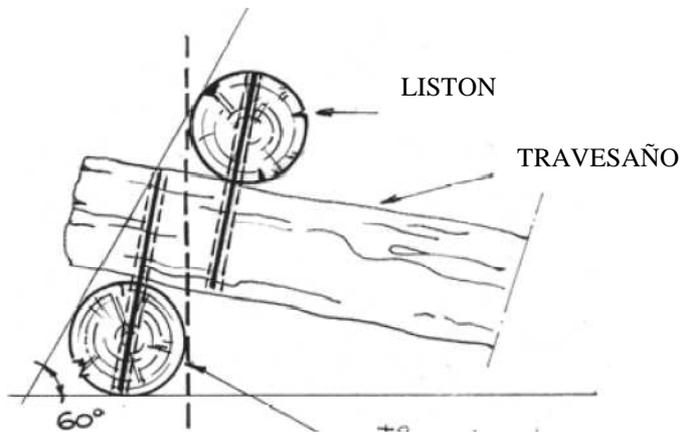


Figura 7.1.b – Pendiente de la pared externa del entramado de 60° (FERRARI 2006)

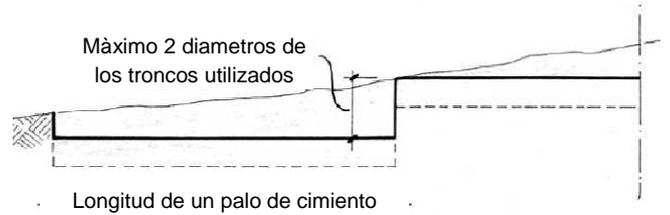
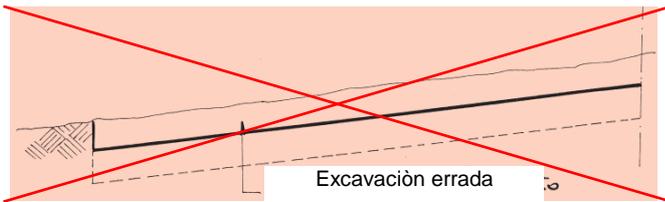


Figura 7.1.c – Excavación del cemento en caso de suelo con pendiente; excavación errada a la izquierda, excavación exacta a la derecha (FERRARI 2006)

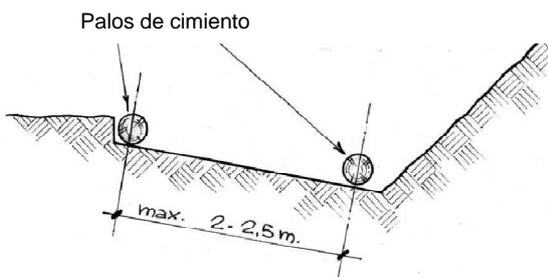


Figura 7.1.d – Excavación del piso de cemento con pendiente de 5-15° hacia dentro

Figura 7.1.e – Vista frontal. Los travesaños de un piso se ponen por medio de los debajo. Los puntos de contacto entre dos listones puestos uno a lado de otro resultan alternados. A la vez de conectar los listones entre ellos con clavos se pueden también ponerlos bien pegados cabeza contra de cabeza.

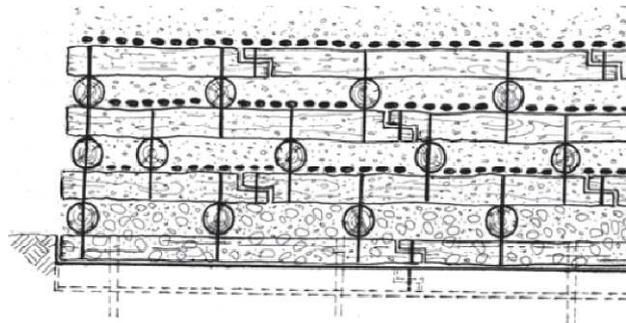


Foto 7.1.a – Frecuentes errores en la realización de un entramado de pared doble: falta de material vegetal vivo; travesaños y puntos de uniones de los listones alineados en vertical

7.2 ENTRAMADO VIVO DE CAJON TRIANGULAR O LATINO

Estructura de contención por su propio peso realizada con palos de madera que forman cajones triangulares. El entramado se rellena con material terroso y se siembran estacas y plantines. Se utiliza para la consolidación de taludes y riberas (en este caso la estructura se rellena en parte con piedras y rocas). Se realiza por módulo de 4 m de largo.

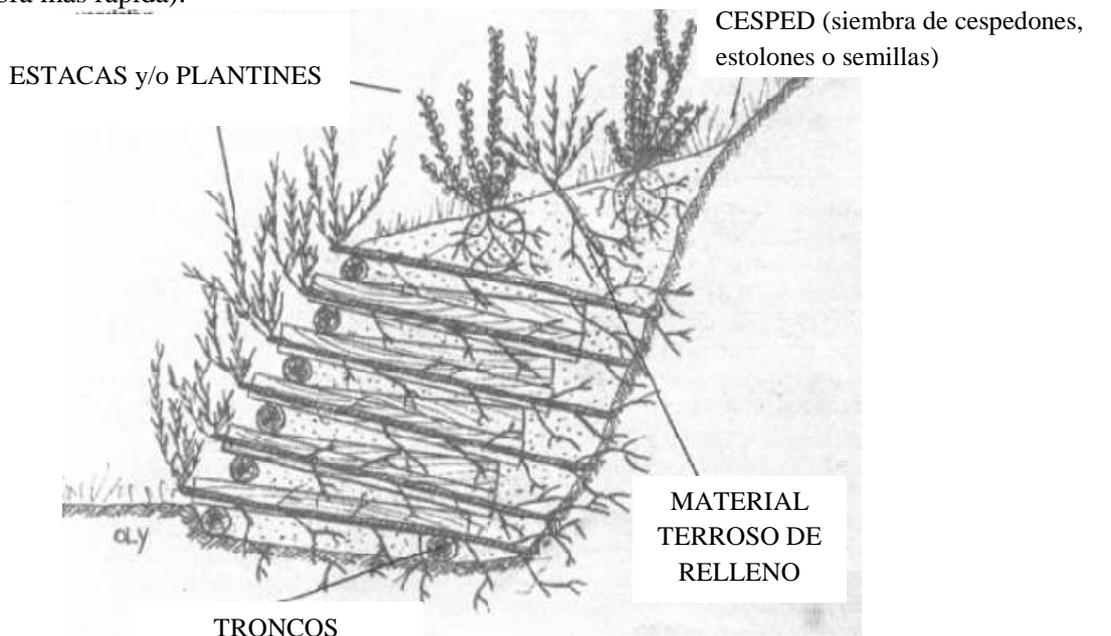
Materiales: palos de madera durable sin corteza (diam. 18-30 cm.), clavos de hierro corrugado (diam. 10-14 mm), estacas y plantines, material terroso.

Procedimientos de ejecución.

1. Excavaciones.
2. Colocar dos palos de cemento paralelos al talud (*listones*; long. 4 m) con interdistancia de 1,7-2 m y con pendiente entre ellos de 5-15° hacia dentro. Los palos de cemento se colocan enterrados en una zanja profunda como el diámetro de los troncos.
3. Colocar los primeros dos *travesaños* (2-2,5 m) oblicuos al talud por encima de los listones. Los travesaños se clavan al listón por delante con interdistancia de 2 m. Por detrás los travesaños se clavan ambos al unico listón posterior, colocandolos en el centro del tronco. Listón colocado por encima de los travesaños y clavado.
4. Colocar los siguientes travesaños posteriormente apoyados sobre los travesaños y clavarlos entre ellos. Por delante los travesaños se clavan al listón con interdistancia de 2 m. Colocar el listón externo por encima de los travesaños y clavarlo.
5. Siembra de estacas y/o plantines y relleno con material inerte terroso.
6. Repetición de los pasos 4 y 5 hasta alcanzar la altura necesaria.
7. Relleno hasta cobertura completa de la obra para reconectar la estructura al talud.
8. Siembra de cespiones, estolones o semillas.

Requisitos de ejecución

- Estacas de longitud suficiente para alcanzar el suelo natural por detrás del entramado.
- La pared externa del entramado debe tener 60° de pendiente sobre la horizontal
- Colocar los travesaños con interdistancia de 2 m. Se aconseja medir siempre esta distancia.
- Hay que rellenar el entramado por capas, para bien comprimir el material terroso
- La altura máxima que se puede alcanzar es de 2 m
- Los clavos tienen longitud igual a 3-4 cm menos del diámetro de dos troncos superpuestos. Ante de clavarlos con maza se realizan huecos con taladro y broca del mismo diámetro de los clavos. No se pueden utilizar clavos de carpintero.
- Hay que colocar los palos de cemento siempre horizontales y realizar gravas si el suelo tiene pendiente, como por ejemplo una carretera que sube/baja.
- Es preferible colocar los listones amarrando los módulos de entramado entre ellos (como los ladrillos de un muro) y sin dejar líneas de unión.
- El entramado resulta más barato de un entramado doble porque se ahorra madera, clavos y mano de obra (obra más rápida).



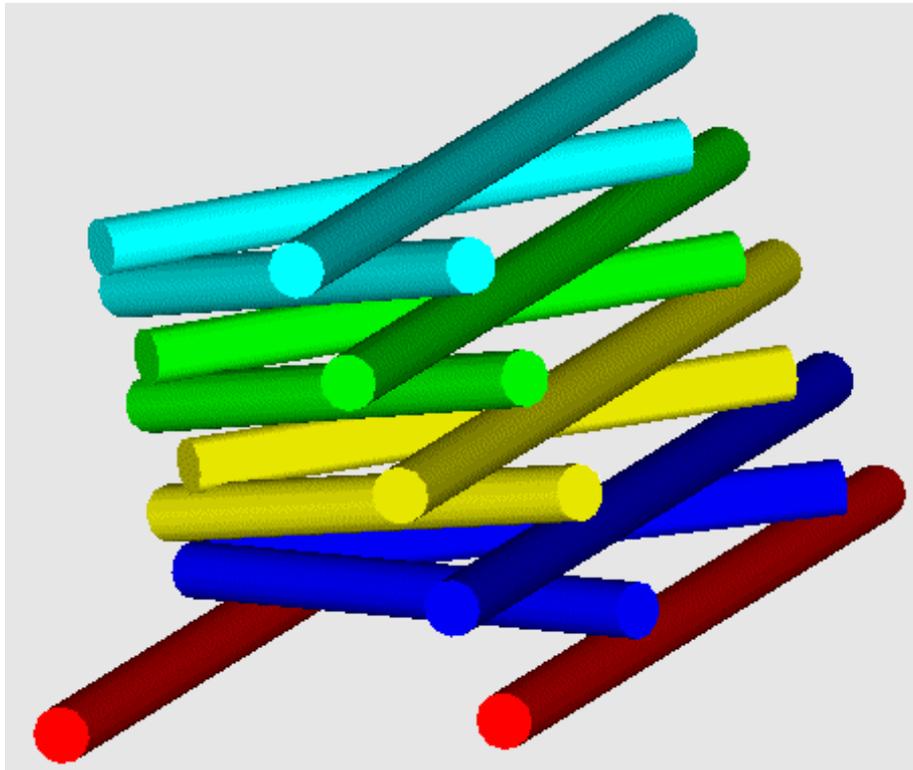


Figura 7.2.b – Esquema tridimensional del entramado *latino* (AA. VV. 2010)



Foto 7.2.a – Estructura de madera del entramado *latino* (C. Crocetti)

7.3 EMPARILLADO VIVO

Estructura de madera realizada con palos verticales y horizontales perpendiculares que forman una parilla con mallas rectangulares. Los troncos horizontales se clavan por encima de los verticales. La estructura se rellena con material terroso y se siembran estacas y plantines. Se utiliza para estabilizar taludes en erosión con pendiente entre 45°-55°. Se puede utilizar también en los ámbitos fluviales, a menudo replicando la misma estructura por detrás de la primera (emparillado doble).

Materiales: palos de madera durable sin corteza (diam. 15-25 cm), clavos de hierro corrugado (diam. 10-14 mm), varillas de hierro (diam. 10-14 mm, long. 1-1,5 m), estacas y plantines, material terroso.

Procedimientos de ejecución.

1. Colocar uno o dos palos de cimiento en una zanja profunda como uno o dos diámetros.
2. Colocar los palos verticales por encima del palo de cimiento con interdistancia de 1-1,5 m. Los palos se pueden clavar al talud con varillas de hierro (long. 1-1,5 m)
3. Colocar los palos horizontales por encima de los verticales y clavarlos.
4. Siembra de estacas y/o plantines y relleno con material inerte terroso.
5. Siembra de cespedones, estolones o semillas

Requisitos de ejecución

- La interdistancia de los palos horizontales depende de la pendiente del talud y de la característica geomecánica del material terroso de relleno. Para colocar los palos se pueden utilizar cuñas para apoyar los troncos antes de clavarlos.
- No es una estructura de contención, entonces no se utiliza para taludes que ejercitan fuerza de empuje.
- Estacas de longitud suficiente para alcanzar el suelo natural por detrás del entramado.
- Si se necesita alcanzar altura de emparillado mayor de los troncos disponible se pueden conectar dos troncos verticales uno por encima de otros con diferentes metodologías.
- Hay que colocar los palos de cimiento siempre horizontales y realizar gravas si el suelo tiene pendiente, como por ejemplo una carretera que sube/baja.
- Los clavos tienen longitud igual a 3-4 cm menos del diámetro de dos troncos superpuestos. Antes de clavarlos con maza se realizan huecos con taladro y broca del mismo diámetro de los clavos. No se pueden utilizar clavos de carpintero.

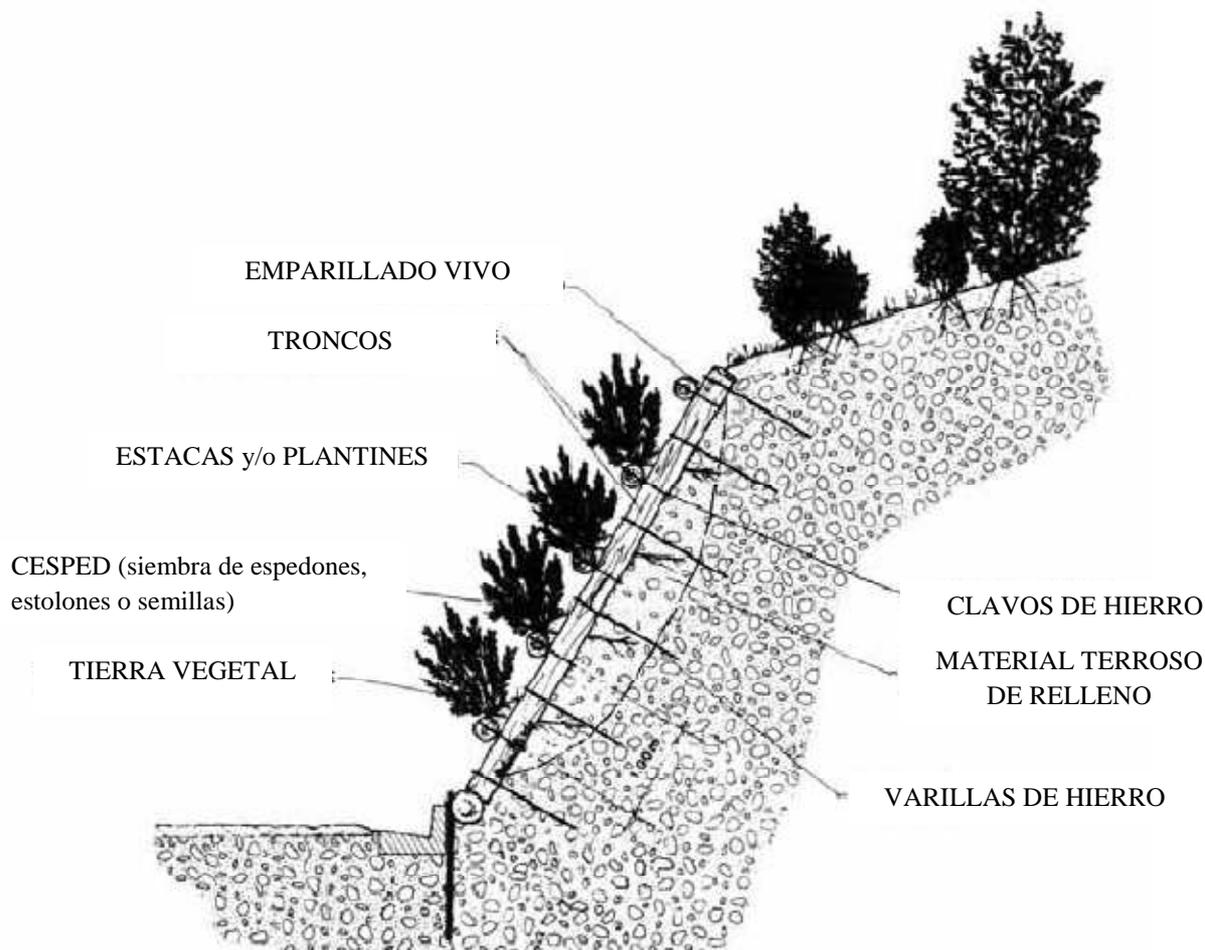


Figura 7.3.a - Emparillado vivo - Vista lateral (SAULI, CORNELINI, PRETI; 2006)

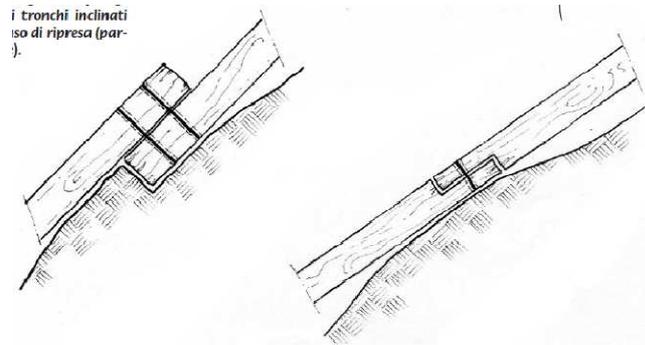


Figura 7.3.b – Metodología de conexión entre palos verticales (FERRARI 2006)

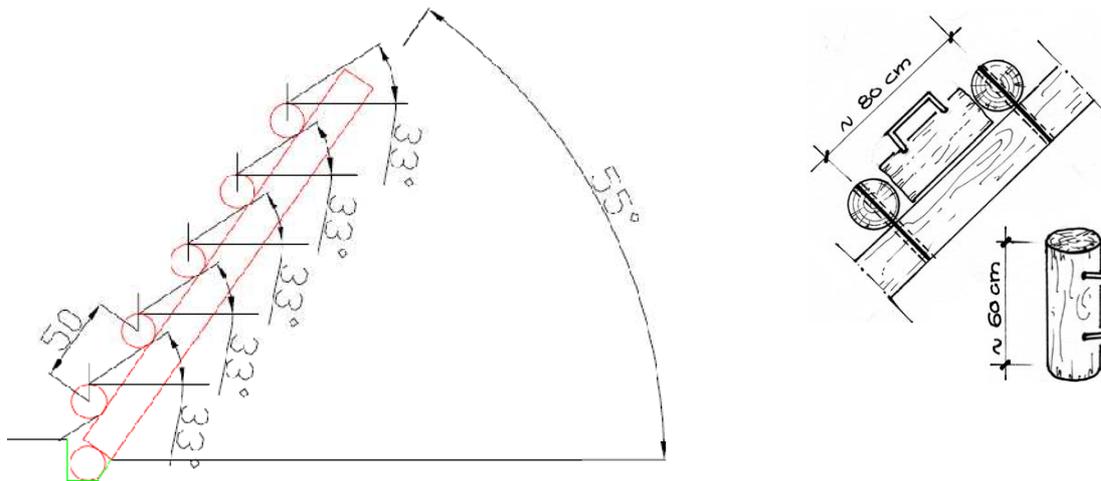


Figura 7.3.b – Metodología grafica para calcular interdistancia palos horizontales. Dada la pendiente del emarillado (55°) y fijada la pendiente de la superficie entre dos palos (33°), según las características geomecánicas del material terros de relleno, se calcula la interdistancia (AA. VV. 2009). A la derecha cuña para colocar los troncos horizontales; con interdistancia de 80 cm y troncos de 20 cm de diametro hay que cortar cuñas de 60 cm (FERRARI 2006).



Fotos 7.3.a – Emparillado vivo: ante de la obra, durante y pasado un año (C. Crocetti)

7.4 TRINCHOS O EMPALIZADAS VIVAS

Estructura de madera realizada con palos horizontales superpuestos surgetados por palos verticales (o estacas vivas) plantados en el suelo. Entre los palos horizontales y por encima de los trinchos se siembran plantines y/o estacas. Se utiliza para controlar la erosión superficial.

Materiales: palos de madera durable sin corteza (diam. 10-15 cm), alambre (diam. 2-3 mm), estacas y plantines, material terroso.

Procedimientos de ejecución.

1. Plantar los palos verticales y/o estacas vivas (long. 1,5-1,75 m) por dos terceros de sus longitud y con interdistancia de 0,5-2 m
2. Colocar los palos horizontales por detrás de los verticales por una altura maxima de 0,5 m (3-5 troncos) y amarrarlos.
3. Colocación de los palos verticales por encima del palo de cimiento con interdistancia de 1-1,5 m. Los palos se pueden clavar al talud con varillas de hierro
4. Los palos horizontales se colocan por encima de los verticales y se clavan.
5. Siembra de estacas y/o plantines y relleno con material inerte terroso.
6. Siembra de espedones, estolones o semillas

Requisitos de ejecución

- Es una estructura de estabilización superficial.
- Dejar suficiente espacio entre los palos horizontales para sembrar
- Estacas de longitud suficiente para alcanzar el suelo natural por detrás del entramado.

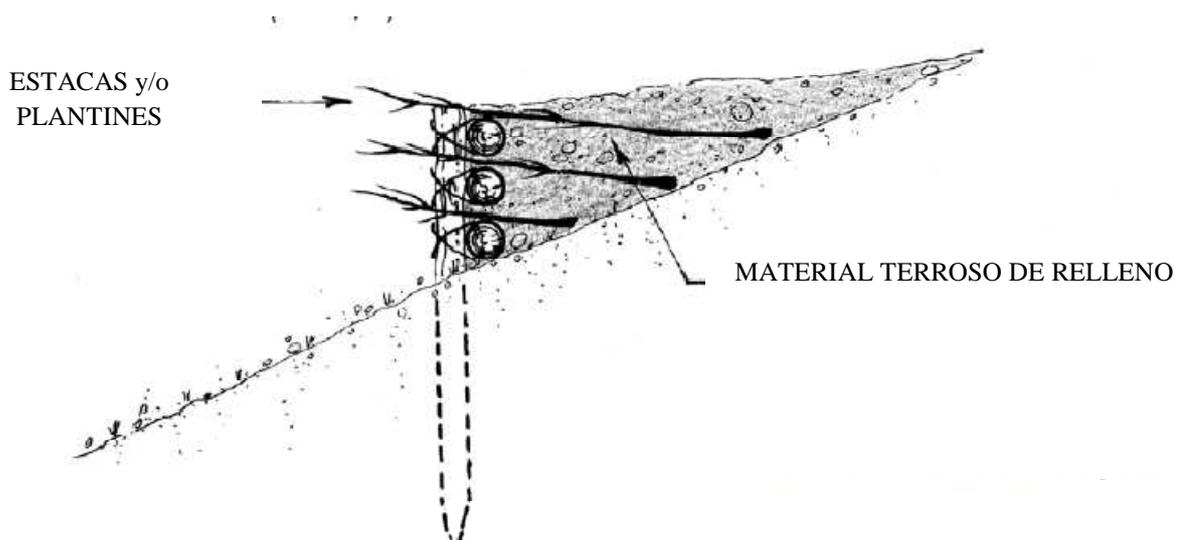


Figura 7.4.a - Trincho vivo - Vista lateral (FERRARI; 2008)

7.5 COBERTURA CON RED DE CABUYA Y ESTOLONES

Obra de control de la erosión superficial realizada con redes de cabuya fijadas al suelo con clavos de hierro. La obra se completa con siembra de estolones o semilla. Como ultima tarea de puede sembrar estacas o plantines. Se realiza en talud con baja pendiente (max 30-35°)

Materiales: redes de material orgánico, clavos de hierro en forma de T o U (diam. 8-12 mm, long. 50-150 cm), estolones o semilla, estacas y plantines.

Procedimientos de ejecución.

1. Remodelar el talud para realizar una superficie regular.
2. Escavar una zanja de 20-30 cm de profundidad.
3. Colocar un lado de la red en la zanja, fijarla con clavos y rellenar con tierra.
4. Siembra de semillas (si utilizadas).
5. Tender las tiras de red bien pegadas al talud. Cada tira se coloca superpuesta a la de a lado (mínimo 10 cm).
6. Fijar la red al talud con clavos de hierro.
7. Recubrir las orillas de la red y fijarla con clavos en el pie del talud.
8. Siembra de estolones.
9. Siembra de estacas y/o plantines (si utilizadas).

Requisitos de ejecución

- Para sembrar plantines se pueden practicar cortes en la red (en forma de L o de cruz) y escavar huecos en el suelo.

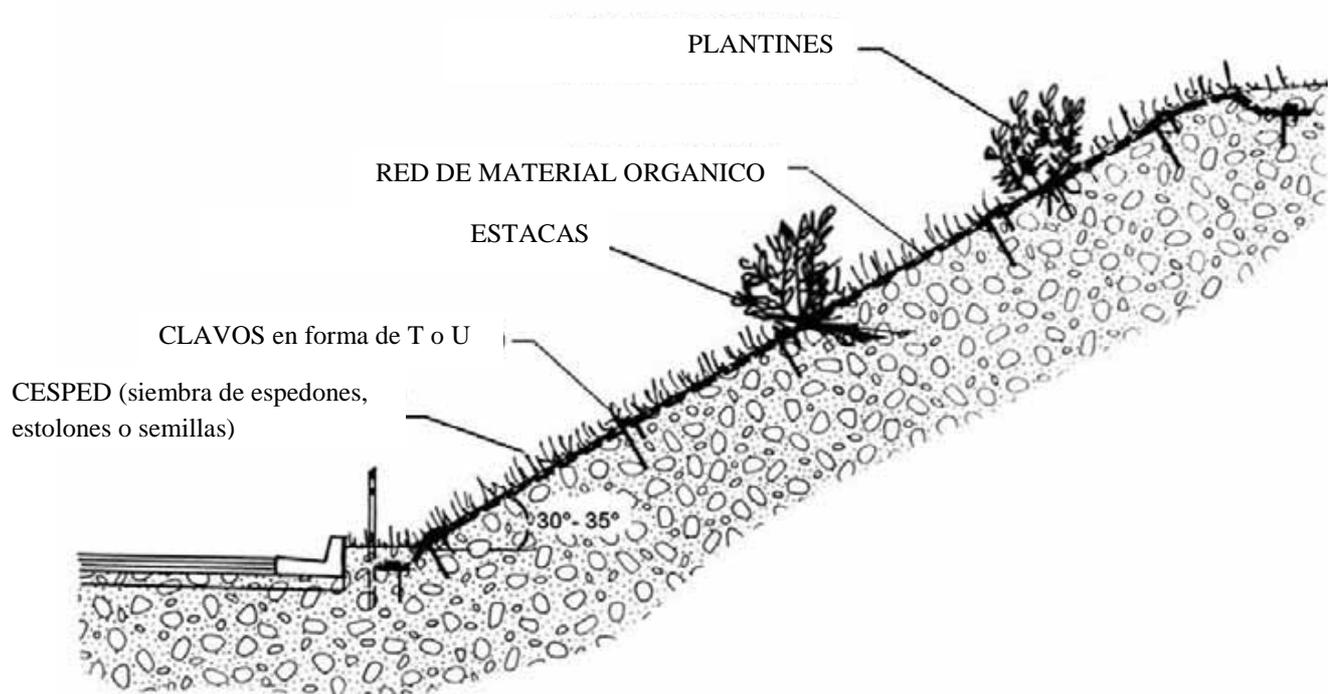


Figura 7.5.a - Cobertura con red de material orgánico - Vista lateral (SAULI, CORNELINI, PRETI; 2006)

8. FICHAS DE LAS OBRAS

8.1 RESGUARDO PURACÉ (OBRA PILOTO DE CAPACITACION)

Lugar: carretera via vereda de Hispala.

Coordenadas: Latitud: 2°22'37.42"N; Longitud: 76°28'51.29"O . **Elevación:** 2300 msnm .

Orientación talud: NW.

Ambiente del sitio de intervención: cultivos, pequeñas áreas de bosques y sobre todo pastos

Tipología de movimiento de remoción en masa: deslizamiento roto-traslacional.

Descripción del sitio de intervención: Talud de carretera no pavimentada. Trato de carretera con pendiente del 10% alrededor. El sitio se encuentra cerca de un cruce con una carretera que sube a un predio y a una vivienda. Por encima del talud hay un pasto.

Causas del movimiento

- Corte semivertical del talud para construir la carretera y altura elevada del talud.
- Presencia de agua subterránea; se notan ojos de agua en el talud, que tiene dos capas de suelo bien distintos: una capa roja de suelo permeable por encima de una gris impermeable.
- Falta de manejo de agua superficial.
- Falta de cobertura vegetal herbácea y arbustiva.
- Presencia de árboles de eucalipto de grande tamaño en la corona del talud, con efecto destabilizante por sus pesos.

Periodo de intervención: Junio-Julio 2011.

Avance: obra acabada al 100%.

Descripción de la obra

Se realizó una estructura de contención por su propio peso en el pie del talud: un entramado de 16 m de largo y altura media de 2,35 m alrededor. Los palos de cimiento resultan enterrados por 20-50 cm de profundidad. Se remodeló el talud para bajar su pendiente y tumbar la corona inestable del deslizamiento y el material suelto. Por encima del entramado se realizaron intervenciones de estabilización superficial: trinchos y siembra de plantines y estacas. En la corona se puso red de cabuya con estolones de gramíneas para el control de la erosión superficial. Para el manejo de aguas subterráneas, se realizó un sistema de drenaje somero: un subdren de zanja principal, ubicado en la línea central de máxima pendiente del talud y 5 filtros interceptores secundarios de espina de pescado (2 a la izquierda y 3 a la derecha, frente al talud). El sistema de drenaje se realizó con tela no tejida (geotextil), tubos fisurados y material filtrante (piedras, gravas, fajas muertas y ramas). Las zanjas de drenaje están ubicadas a la profundidad de la capa de suelo impermeable para interceptar y sacar el agua que se infiltra en la capa superior impermeable. En el piso de cimiento del entramado se realizaron filtros con grava y fajas muerta para evitar que se quede agua. Por fin se realizó un canal de corona para el control de aguas superficiales. Por encima del canal de corona se puso una cerca viva con alambre de púa, para aislar la obra del ganado. En el área de pasto aislada se sembraron plantines y estacas.

A continuación el detalle de las estructuras y de las intervenciones realizadas:

- remodelado del talud y de la corona inestable del deslizamiento;
- tala de los árboles en la corona inestable del talud, que afectan negativamente la estabilidad (madera utilizada en el entramado)
- entramado de pared doble (n. 2 módulos de long. 4 m; H. 2,55 m) y entramado con cajón triangular-latino (n. 2 módulos de 4 m; H. 2,20 m);
- emparillado (long. 4; H 4 m);
- trinchos de 30 cm de altura media (long. 65 m)
- sistema de drenaje somero: 1 subdren principal (long. 18 m) y 5 filtros secundarios (long. 6 m cada uno);
- cobertura antierosiva con red de cabuya y estolones (área 150 m²);
- canal de corona (long. ≈ 60 m; profundidad. 50-60 cm), realizado con tubos de 6" partidos en dos;
- cerca viva de aislamiento;
- siembra de plantas y/o estacas.

Material vegetal:

- plantines: *Myrica pubescens* (laurel de cera), *Weimannia tomentosa-pubesans* (encenillo), *Alnus acuminata* (aliso);
- estacas: *Delostoma roseum* (nacedero), *Sambucus sp* (sauco), *Mimosa quitoense* (guarango);

- estolones de gramíneas: *Penisetum clandestinum* (quikuyo).

Densidad de siembra estacas y/o plantines:

Entramados 2 ud/ml por piso; (long. estacas 1-2 m)

Emparillado: 2 ud/ml por piso; (long. estacas 0,6-1 m)

Trinchos: 2 ud/ml (*ubicadas solo por encima de los trinchos*) (long. estacas 1-2 m).

Densidad de siembra estolones:

Cobertura en red de cabuya: 1 ud/m²

Material no vegetal y herramientas:

- palos de eucaliptos sin corteza. Palos enteros de sección circular (diam. 18-22 cm, long. 4-4,5 m) y palos partidos de sección triangular o semicircular (h. 12-16 cm, long. 4-4,5 m);
- palos de eucalipto sin corteza (diam. 10-14 cm; long. 6 m);
- rollo de red de cabuya para costales de café (ancho 1,5 m);
- geotextil para filtros, rollo de 560 m² de área y 64 kg de peso ($\approx 114 \text{ gr/ m}^2$);
- inmunizante a los sales de boro, no tóxicos para las plantas, (marca Vareta o emulsión asfáltica) mezclado con ACPM;
- clavos elaborados con varillas de hierro corrugado (diam. ½", long. 30-40 cm);
- estimulante del sistema radicular (marca Hormonagro 1) mezclado con agua;
- n. 2 varillas de hierro corrugado por modulo de entramado (diam. 1"; long 2 m) clavados en el suelo en frente del palo exterior de cimiento;
- n. 1 viga de hierro IPN por modulo de entramado (sección doble T; long. 2 m) clavado en el suelo en frente del palo interior de cimiento;
- tubos de drenaje: subdren principal diam. 6", long. 6 m; fisurado con taladro; filtros secundarios diam. 3", long. 6 m, microfisurado;
- grava (diam. 1-2") y piedras (diam 10-15 cm);
- tierra de relleno de las estructuras en madera: material proveniente de las excavaciones y tierra vegetal proveniente del remodelado del talud
- pines de hierro corrugados en forma de T para red de cabuya (diam. 8 mm; long. 0,5 m);
- alambre de amarre y alambre de pua;
- herramienta de mano: pala, pica, palin, carretilla, trocero, segueta, serrucho, codal, nivel de burbuja, hilo, cinta métrica, alicate, tijera, machete, martillo (4 lb), maza (10 lb), brochas;
- inclinometro;
- taladro (1200 W) y broca para madera (diam. ½", long. 40 cm);
- generador eléctrico (potencia > de 1200 W) y extensiones eléctricas.

Anotaciones y Recomendaciones:

Todas las excavaciones se realizaron de mano: entramado, remodelado del talud y zanjas de drenaje

Se utilizaron palos partidos con sección triangular o semicircular por falta de madera de diámetro ideal y dificultad de mover de hombro gruesos troncos. Por eso fue muy importante el uso de inmunizante, para proteger las caras cortadas de los palos y aumentar su durabilidad.

Para el éxito de la obra es muy importante monitorear el funcionamiento del sistema de drenaje subterráneo y del canal de corona, y averiguar que el agua no se infiltre y sea llevada por los tubos partidos.

Pueden necesitarse trabajos de completamiento: cuneta al pie del entramado para el control de las aguas superficiales de la carretera y el flujo del sistema de drenaje.

Cuidar y limpiar periódicamente las alcantarillas a lado y en frente de la obra.



8.2 RESGUARDO POBLAZON

Lugar: carretera via Poblazòn

Coordenadas: Latitud: 2°24'51.30"N; Longitud: 76°33'29.35"O

Elevaciòn: 2090 msnm

Orientaciòn talud: NW

Ambiente del sitio de intervenciòn: cultivos, pequeñas areas de bosques y sobre todo pastos

Tipologìa de movimiento de remociòn en masa: deslizamiento roto-traslacional.

Descripciòn del sitio de intervenciòn: Talud de carretera no pavimentata. Trato de carretera con pendiente del 5% alrededor. Por encima del talud hay un pasto actualmente no utilizado. Al pie del talud hay una alcantarilla para el control de aguas superficiales de la carretera.

Causas del movimiento

- Corte semivertical del talud para construir la carretera y altura elevada del talud.
- Falta de manejo de agua superficial.
- Falta de cobertura vegetal herbacea y arbustiva.

Periodo de intervenciòn: Junio-Julio 2011

Avance: obra acabada al 95%

Descripciòn de la obra

Se realizò una estructura de contenciòn por su propio peso en el pie del talud: un entramado de 12 m de largo y altura media de 2,35 m alrededor. Los palos de cimientò resultan enterrados por 20-40 cm de profundidad. Se remodelò el talud para bajar su pendiente y tumbar la corona inestable del deslizamiento y el material suelto. Por encima del entramado se realizaron intervenciones de estabilizaciòn superficial: trinchos y siembra de plantines y estacas. Para el control de la erosion superficial se puse red de cabuya con estolones de graminaceas en la corona se sembraron espedones de grama natural en las superficies trabajadas y en los pisos del entramado. En el piso de cimientò del entramado se realizaron filtros con grava y fajas muerta para evitar que se quede agua. Por fin se realizò un canal de corona para el control de aguas superficiales. Por encima del canal de corona se puso una cerca viva con alambre de pua, para aislar la obra del ganado. En el area de pasto aislada se sembraron plantines y estacas.

A continuaciòn el detallè de las estructuras y de las intervenciones realizadas:

- remodelado del talud y de la corona del deslizamiento;
- entramado de pared doble (n. 1 mòdulos de long. 4 m; H. 2,45 m) y entramado con cajòn triangular-latino (n. 2 mòdulos de 4 m; H. 2,20 y 2,45 m m);
- trinchos de 30-50 cm de altura (long. 50 m);
- cobertura antierosiva con red de cabuya y estolones (area 80 m²);
- canal de corona (long. ≈ 50 m; profundidad. 50-60 cm), realizado con tubos de 6" partidos en dos (no realizado a la fecha del 19 de Julio 2011);
- cerca viva de aislamiento;
- siembra de cespedones de grama natural;
- siembra de estacas.

Material vegetal:

- estacas: *Mimosa quitoense* (guarango), *Delostoma roseum* (nacedero), *Erythrina edulis* (chachafruto);
- estolones de graminaceas: *Brachiaria decumbens*;
- cespedones de grama natural.

Densidad de siembra estacas:

Entramados 2 ud/ml por piso; (long. estacas 1,8-2 m)

Trinchos: 2 ud/ml (*ubicadas solo por encima de los trinchos*) (long. estacas 1-2 m).

Densidad de siembra estolones:

Cobertura en red de cabuya: 1 ud/m²

Material no vegetal y herramientas:

- palos de eucaliptos sin corteza. Palos enteros de secciòn circular (diam. 12-22 cm, long. 4-4,5 m);
- palos de eucalipto sin corteza (diam. 10-14 cm; long. 6 m);
- rollo de red de cabuya para costales de café (ancho 1,5 m);
- imunizante a los sales de boro, no tòxicos para las plantas, (marca Vareta o emulsiòn asfaltica) mezclado con ACPM;
- clavos elaborados con varillas de hierro corrugado (diam. ½", long. 30-40 cm);

- estimulante del sistema radicular (marca Hormonagro 1) mezclado con agua;
- n. 2 varillas de hierro corrugado por modulo de entramado (diam. 1"; long 2 m) clavados en el terreno en frente del palo exterior de cimiento;
- n. 1 viga de hierro IPN por modulo de entramado (sección doble T; long. 2 m) clavado en el terreno en frente del palo interior de cimiento;
- grava (diam. 1-2") para filtros del piso de cemento del entramado;
- tierra de relleno de las estructuras en madera: material proveniente de las excavaciones y tierra vegetal proveniente del remodelado del talud
- pines de hierro corrugados en forma de T para red de cabuya (diam. 8 mm; long. 0,5 m);
- alambre de amarre y alambre de pua;
- herramienta de mano: pala, pica, palin, carretilla, trocero, segueta, serrucho, codal, nivel de burbuja, hilo, cinta metrica, alicate, tijera, machete, martillo (4 lb), maza (10 lb), brochas;
- inclinometro;
- taladro (1200 W) y broca para madera (diam. ½", long. 40 cm);
- generador eléctrico (potencia > de 1200 W) y extensiones eléctricas.

Anotaciones y Recomendaciones:

Todas las excavaciones se realizaron de mano: entramado y remodelado del talud.

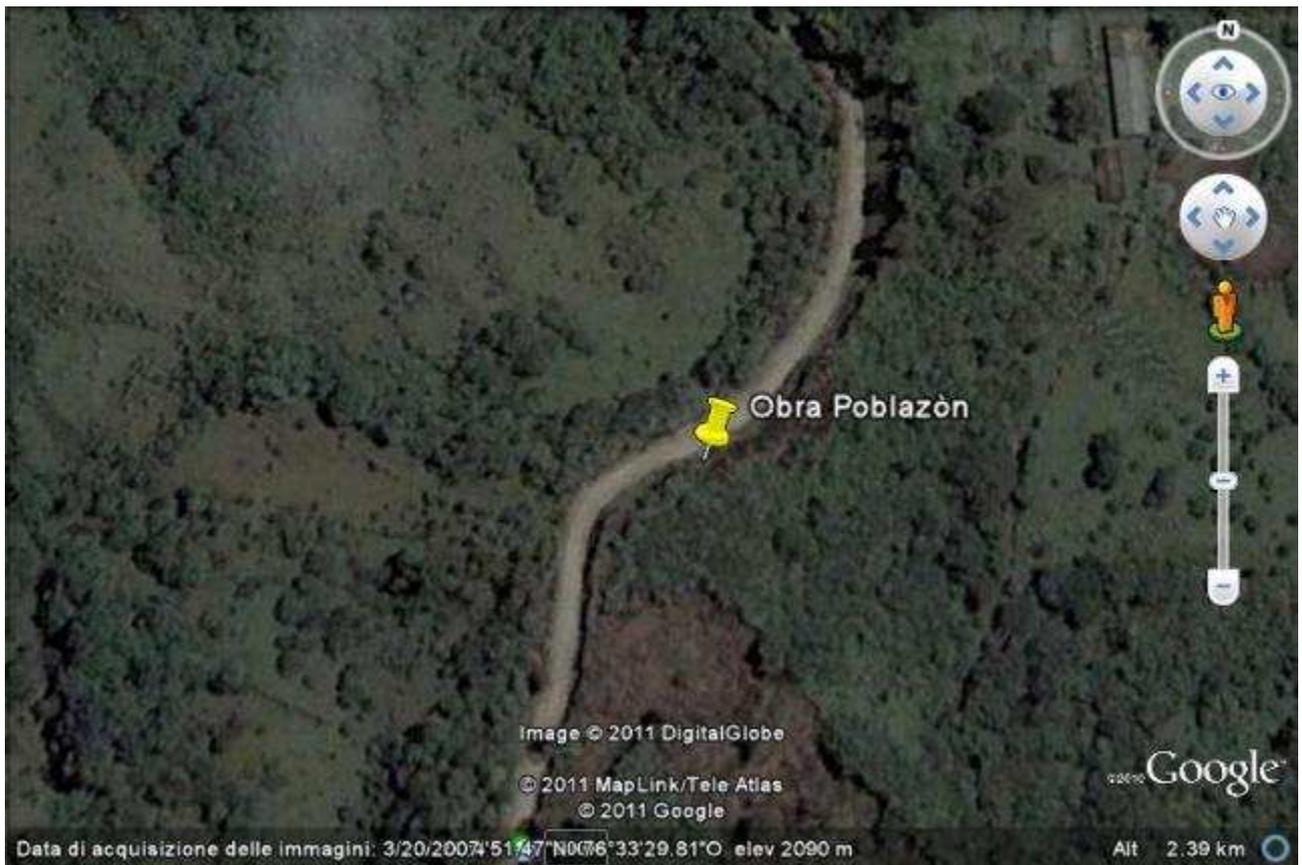
Se utilizaron palos con diametros muy diferentes (12-22 cm) por falta de madera del diametro ideal. Por eso fue muy importante el utilizo de inmunizante en los palos más delgados (madera meno madura y entonces meno durable).

Para el exito de la obra es muy importante monitorear la integridad y la durabilidad de la madera utilizada y remplazarla si necesario.

Pueden necesitarse trabajos de completamento: cuneta al pie del entramado para el control de las aguas superficiales de la carretera.

Cuidar y limpiar periodicamente la alcantarilla al pie de la obra

A la fecha del 19 de Julio 2011 solo quedaba realizar el canal de corona y arreglar detalles de la cobertura de red de cabuya.



8.3 RESGUARDO QUINTANA

Lugar: Vereda de San Juan, carretera a lado del colegio de San Juan.

Coordenadas: Latitud: 2°27'37.25''N; Longitud: 76°27'31.44''O.

Elevaciòn: 2445 msnm.

Orientaciòn talud: S.

Ambiente del sitio de intervenciòn: cultivos, pequeñas areas de bosques y sobre todo pastos

Tipologìa de movimiento de remociòn en masa: deslizamiento roto-traslacional.

Descripciòn del sitio de intervenciòn: Talud de carretera no pavimentata. Trato de carretera de muy baja pendiente. Por encima del talud hay el jardin del colegio. Un trato del talud ya està trabajado con un muro en concreto (long. 3 m, H 3 m). El talud presentaba problemas de movimiento de masa en fase inicial.

Causas del movimiento

- Corte semivertical del talud para construir la carretera.
- Falta de manejo de agua de lluvia de los techos del colegio, que afectaba negativamente la estabilidad del talud.

Periodo de intervenciòn: Junio-Julio 2011.

Avance: obra acabada al 99%.

Descripciòn de la obra

Para alcanzar la altura necesaria se realizaron dos niveles de entramados vivos (estructura de contenciòn por su propio peso) de 8 m de largo y altura de 2,20 m alrededor. Los palos de cimientto resultan enterrados por 20-30 cm de profundidad. El entramado resulta alternativo a la realizaciòn de un muro en concreto.

Las superficies trabajadas y los pisos del entramado se sembraron con espedones de grama natural.

Se construyò un sistema de manejo de aguas de lluvia de los techos (canales en cemento conectados, a través de cajas en cemento, con tubos de manguera enterrados que llevan el agua hacia una alcantarilla).

A continuaciòn el detallado de las estructuras y de las intervenciones realizadas:

- dos niveles (8 m de largo cada uno) de entramado con cajòn triangular-*latino* (n. 4 mòdulos; long. 8 m; H. 2,20) a lado del nivel superior se construyò un modulo de 2 m de largo de entramado de pared doble (H 2,2 m);
- siembra de cespedones de grama natural;
- sistema de manejo del aguas de lluvia de los techos del colegio

Material vegetàl:

- plantines: *Myrica pubescens* (laurel de cera), *Weimannia tomentosa-pubesans* (encenillo), *Alnus acuminata* (aliso), *Baccharis sp* (chilco);
- estacas: *Mimosa quitoense* (guarango), *Delostoma roseum* (nacedero), *Sambucus sp* (sauco); *Abutilon "Golden flece"*(farolito)
- cespedones de grama natural.

Densidad de siembra estacas y/o plantines:

Entramados 6 ud/ml por piso; (long. estacas 1,2-2 m)

Material no vegetal y herramientas:

- palos de eucaliptos sin corteza. Palos enteros de secciòn circular (diam. 18-22 cm, long. 4-4,5 m);
- imunizante a los sales de boro (marca Vareta o emulsiòn asphaltica) mezclado con ACPM.
- rollo de red de cabuya para costales de café (ancho 1,5 m);
- imunizante a los sales de boro (marca Vareta o emulsiòn asphaltica) mezclado con ACPM.
- clavos elaborados con varillas de hierro corrugado (diam. ½", long. 30-40 cm);
- estimulante del sistema radicular (marca Hormonagro 1) mezclado con agua;
- N. 2 varillas de hierro corrugado por modulo de entramado (diam. 1"; long 2 m) clavados en el terreno en frente del palo exterior de cimientto;
- N. 1 viga de hierro IPN por modulo de entramado (secciòn doble T; long. 2 m) clavado en el terreno en frente del palo interior de cimientto;
- grava (diam. 1-2") para filtros del piso de cemento del entramado;
- tierra de relleno de las estructuras en madera: material proveniente de las excavaciones del sitio de intervenciòn y tierra vegetal proveniente de excavaciones para realizar una cancha en el colegio;
- pines de hierro para red de cabuya (diam. 8 mm; long. 0,5 m);
- alambre de amarre;
- material para realizar el sistema de manejo de aguas de lluvia: cemento, mixto (arena y piedras), tablas, puntillas, manguera, uniones y pegante.

- herramienta de mano: pala, pica, palin, carretilla, trocero, segueta, serrucho, codal, nivel de burbuja, hilo, cinta metrica, alicate, tijera, machete, martillo (4 lb), maza (10 lb), brochas;
- inclinometro;
- taladro (1200 W) y broca para madera (diam. ½”, long. 40 cm);
- generador eléctrico (potencia > de 1200 W) y extensiones eléctricas.

Anotaciones y Recomendaciones:

Todas las excavaciones se realizaron de mano.

Se utilizo inmunizante para aumentar la durabilidad de la madera.

Monitorear el sistema de manejo del agua de lluvia de los techos.

A la fecha del 19 de Julio 2011 solo quedaban detalle del sistema de manejo de aguas de lluvia de los techos.

N.B. La nubosidad no permite una buena visualización del sitio



8.4 RESGUARDO KOKONUKO

Lugar: carretera via termales Agua Hirviendo

Coordenadas: Latitud: 2°19'53.29"N; Longitud: 76°29'49.60"O

Elevaciòn: 2445 msnm

Orientaciòn talud: NW

Ambiente del sitio de intervenciòn: cultivos, pequeñas areas de bosques y sobre todo pastos

Tipologìa de movimiento de remociòn en masa: deslizamiento roto-traslacional.

Descripciòn del sitio de intervenciòn: Talud de carretera pavimentata. Trato de carretera de muy baja pendiente. El talud tiene pendiente y altura elevada y por encima hay un pasto.

Causas del movimiento

- Corte semivertical del talud para construir la carretera y altura elevada del talud.
- Falta de manejo de agua superficial.
- Falta de cobertura vegetal herbacea y arbustiva.

Periodo de intervenciòn: Junio-Julio 2011.

Avance: obra acabada al 70% a la fecha del 19 de Julio.

Descripciòn de la obra

Se realizò una estructura de contenciòn por su propio peso en el pie del talud, un entramado de 12 m de largo y altura media de 2,35 m alrededor. Los palos de cimiento resultan enterrados por 20-30 cm de profundidad. Por encima del entramado se realizò un emparillado (casi acabado a la fecha del 19 de julio) y màs arriba se van a realizar trinchos y una cobertura antierosiva con red de cabuya. En el pasto que hay por encima del talud se va a realizar un sistema de control de aguas superficiales y sub-superficiales. Un filtro interceptor poco profundo recoge el agua por encima de la obra y lo lleva, a través de una canal por un lado y una manguera enterrada por el otro, a unas cañadas cercanas. Toda el area trabajada se va a aislar (incluido el sistema de control de aguas) con cerca viva con alambre de pua, para proteger la obra del ganado. En la zona de pasto aislada se van a sembrar plantines y estacas. A continuaciòn el detalle de las estructuras y de las intervenciones realizadas:

- remodelado del talud (para bajar su pendiente) y de la corona inestable;
- entramado de pared doble (n. 1 mòdulos de long. 4 m; H. 2,70 m) y entramado con cajòn triangular-latino (n. 2 mòdulos de 4 m; H. 2,35 m);
- emparillado (long. 12; H 7,5 m) (no terminado a la fecha del 19 de Julio);
- trinchos de 30-50 cm de altura (no realizados a la fecha del 19 de Julio);
- cobertura antierosiva con red de cabuya y estolones (no realizada a la fecha del 19 de Julio);
- sistema de control de agua superficial (no realizado a la fecha del 19 de Julio);
- cerca viva de aislamiento (no realizada a la fecha del 19 de Julio);
- siembra de plantas y/o estacas (no realizada a la fecha del de 19 Julio).

Material vegetal:

- plantines: *Myrica pubescens* (laurel de cera), *Weimannia tomentosa-pubesans* (encenillo), *Alnus acuminata* (aliso), *Baccharis sp* (chilco);
- estacas: *Mimosa quitoense* (guarango), *Delostoma roseum* (nacedero), *Sambucus sp* (sauco)
- estolones de graminaceas

Densidad de siembra estacas y/o plantines:

Entramados 2 ud/ml por piso; (long. estacas 1-2 m)

Emparillado: 2 ud/ml por piso; (long. estacas 0,6-1 m)

Trinchos: 2 ud/ml (*ubicadas solo por encima de los trinchos*) (long. estacas 1-2 m).

Densidad de siembra estolones:

Cobertura en red de cabuya: 1 ud/m²

Material no vegetal y herramientas:

- palos de eucaliptos sin corteza. Palos enteros de secciòn circular (diam. 18-22 cm, long. 4-4,5 m);
- palos de eucalipto sin corteza (diam. 10-14 cm; long. 6 m);
- imunizante a los sales de boro (marca Vareta o emulsiòn asfaltica) mezclado con ACPM.
- rollo de red de cabuya para costales de café (ancho 1,5 m);
- imunizante a los sales de boro (marca Vareta o emulsiòn asfaltica) mezclado con ACPM.
- clavos elaborados con varillas de hierro corrugado (diam. ½", long. 30-40 cm);
- estimulante del sistema radicular (marca Hormonagro 1) mezclado con agua;

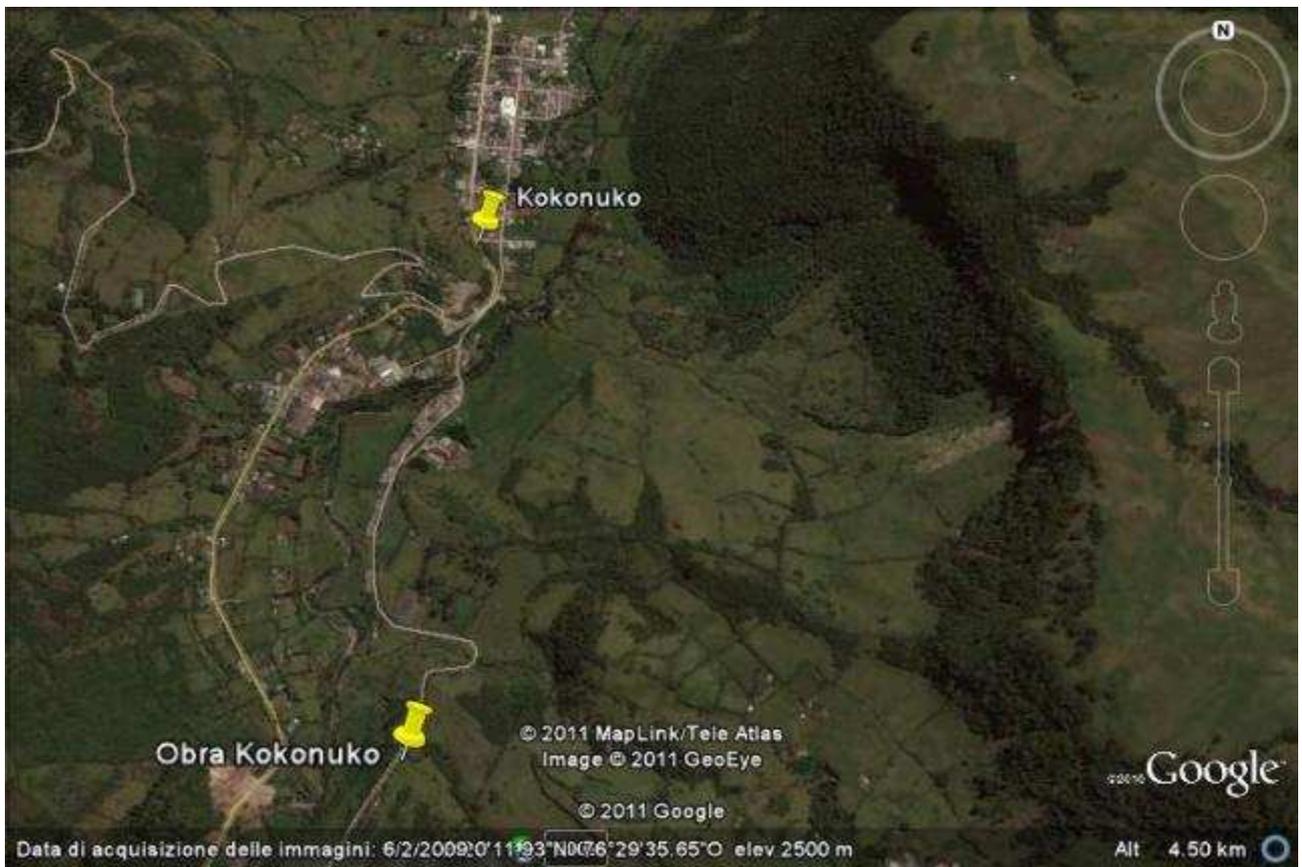
- N. 2 varillas de hierro corrugado por modulo de entramado (diam. 1"; long 2 m) clavados en el terreno en frente del palo exterior de cimiento;
- N. 1 viga de hierro IPN por modulo de entramado (sección doble T; long. 2 m) clavado en el terreno en frente del palo interior de cimiento;
- tierra de relleno de las estructuras en madera: material proveniente de las excavaciones y tierra vegetal proveniente del remodelado del talud
- pines de hierro corrugados en forma de T para red de cabuya (diam. 8 mm; long. 0,5 m);
- alambre de amarre y alambre de pua;
- material para realizar el sistema de control de aguas superficial: grava, tubos fisurados, mangueras, geotextil, tablas (para la cajas de conexión);
- herramienta de mano: pala, pica, palin, carretilla, trocero, segueta, serrucho, codal, nivel de burbuja, hilo, cinta metrica, alicate, tijera, machete, martillo (4 lb), maza (10 lb); brochas
- inclinometro;
- taladro (1200 W) y broca para madera (diam. ½", long. 40 cm);
- generador eléctrico (potencia > de 1200 W) y extensiones eléctricas.

Anotaciones y Recomendaciones:

Todas las excavaciones se realizaron de mano

Se utilizo inmunizante para aumentar la durabilidad de la madera.

El encargado de la Universidad de Florencia asesorò la obra hasta la fecha del 19 de Julio 2011.



8.5 ASOCIACION ASOCAMPO

Lugar: carretera via Quintana

Coordenadas: Latitud: 2°27'9.37"N; Longitud: 76°26'50.66"O

Elevaciòn: 2510 msnm

Orientaciòn talud: SW

Ambiente del sitio de intervenciòn: cultivos, pequeñas areas de bosques y sobre todo pastos

Tipologìa de movimiento de remociòn en masa: deslizamiento rota-traslacional

Descripciòn del sitio de intervenciòn: Talud de carretera no pavimentata. Trato de carretera con muy baja pendiente. Por encima del talud hay una estrecha franja de bosque y màs arriba un potrero.

Causas del movimiento

- Corte semivertical del talud para construir la carretera y altura elevada del talud.
- Presencia de agua subterránea (debajo del material suelto se encontrò un nacimiento. Al mover la tierra el agua encontrò una via mas sencilla para salir y deviò su ruta, secando un nacimiento ya presente a 10 m de distancia.).
- Falta de manejo de agua superficial.
- Falta de cobertura vegetal herbacea y arbustiva.

Periodo de intervenciòn: Junio-Julio 2011

Avance: obra acabada al 30% a la fecha del 19 Julio

Descripciòn de la obra

Se realizò una estructura de contenciòn por su propio peso en el pie del talud. Para alcanzar la altura necesaria se van a realizar dos niveles de entramado. Por encima del entramado se va a realizar un emparillado y intervenciones de estabilizaciòn superficial: trinchos y siembra de plantines y estacas. Hay que remodelar el talud para bajar su pendiente y tumbar la corona inestable del deslizamiento y el material suelto. En la corona se va a poner red de cabuya con estolones de graminaceas para el control de la erosion superficial. Para el control de aguas subterráneas, se realizò un dren horizontal de penetraciòn, para sacar el agua de nacimiento (geotextil, gravas, piedras y tubo fisurado de diam. 6"). El dren se conecta con un subdren de zanja, realizado con la misma metodologìa, en el pie del entramado, que lleva el agua a una alcantarilla. Por detrás de los palos interiores de cimiento se realizaron filtros interceptores (geotextil, gravas, piedras y tubo fisurado de diam. 3") para sacar el agua de infiltraciòn. Se va a realizar un sistema de drenaje tambien en el nivel superior del entramado. Se realizò ya un primer canal de corona para el control de aguas superficiales. Se necesita ademàs un sistema de manejo de agua superficial de la carretera

A continuaciòn el detalle de las estructuras y de las intervenciones a realizar (ninguno de los trabajos planeado se cumplieron a la fecha del 19 de Julio):

- remodelado del talud y de la corona inestable;
- dos niveles (12 m de largo cada uno) de entramado de pared doble y con cajòn triangular-(latino) de alrededor 2,20 m de altura
- emparillado
- trinchos;
- sistemas de drenaje;
- cobertura antierosiva con red de cabuya y estolones;
- canal de corona;
- siembra de plantas y/o estacas.

Material vegetàl:

- plantines: *Myrica pubescens* (laurel de cera), *Weimannia tomentosa-pubesans* (encenillo), *Alnus acuminata* (aliso), *Baccharis sp* (chilco);
- estacas: *Mimosa quitoense* (guarango), *Delostoma roseum* (nacedero), *Sambucus sp* (sauco)
- estolones de graminaceas

Densidad de siembra estacas y/o plantines:

Entramados 3 ud/ml por piso; (long. estacas 1-2 m)

Emparillado: 3 ud/ml por piso; (long. estacas 0,6-1 m)

Trinchos: 3 ud/ml (*ubicadas solo por encima de los trinchos*) (long. estacas 1-2 m).

Densidad de siembra estolones:

Cobertura en red de cabuya: 1 ud/m²

Material no vegetal y herramientas:

- palos de eucaliptos sin corteza. Palos enteros de secciòn circular (diam. 18-22 cm, long. 4-4,5 m);

- palos de eucalipto sin corteza (diam. 10-14 cm; long. 6 m);
- rollo de red de cabuya para costales de café (ancho 1,5 m);
- geotextil para filtros, rollo de 560 m² de area y 64 kg de peso ($\approx 114 \text{ gr/ m}^2$);
- inmunizante a los sales de boro (marca Vareta o emulsión asfáltica) mezclado con ACPM;
- clavos elaborados con varillas de hierro corrugado (diam. ½", long. 30-40 cm);
- estimulante del sistema radicular (marca Hormonagro 1) mezclado con agua;
- N. 5 viga de hierro IPN por modulo de entramado (sección doble T; long. 2 m) clavado en el terreno en frente de los palos de cimientó (3 adelante y 2 por detrás);
- tubos de drenaje: subdrenes principal diam. 6", long. 6 m; fisurado con taladro; filtros secundarios diam. 3", long. 6 m, microfisurado;
- grava (diam. 1-2") y piedras (diam 10-15 cm);
- tierra de relleno de las estructuras en madera: material proveniente de las excavaciones y tierra vegetal proveniente del remodelado del talud
- pines de hierro corrugados en forma de T para red de cabuya (diam. 8 mm; long. 0,5 m);
- alambre de amarre;
- herramienta de mano: pala, pica, palin, carretilla, trocero, segueta, serrucho, codal, nivel de burbuja, hilo, cinta metrica, alicate, tijera, machete, martillo (4 lb), maza (10 lb); brochas
- inclinometro;
- taladro (1200 W) y broca para madera (diam. ½", long. 40 cm);
- generador eléctrico (potencia > de 1200 W) y extensiones eléctricas.

Anotaciones y Recomendaciones:

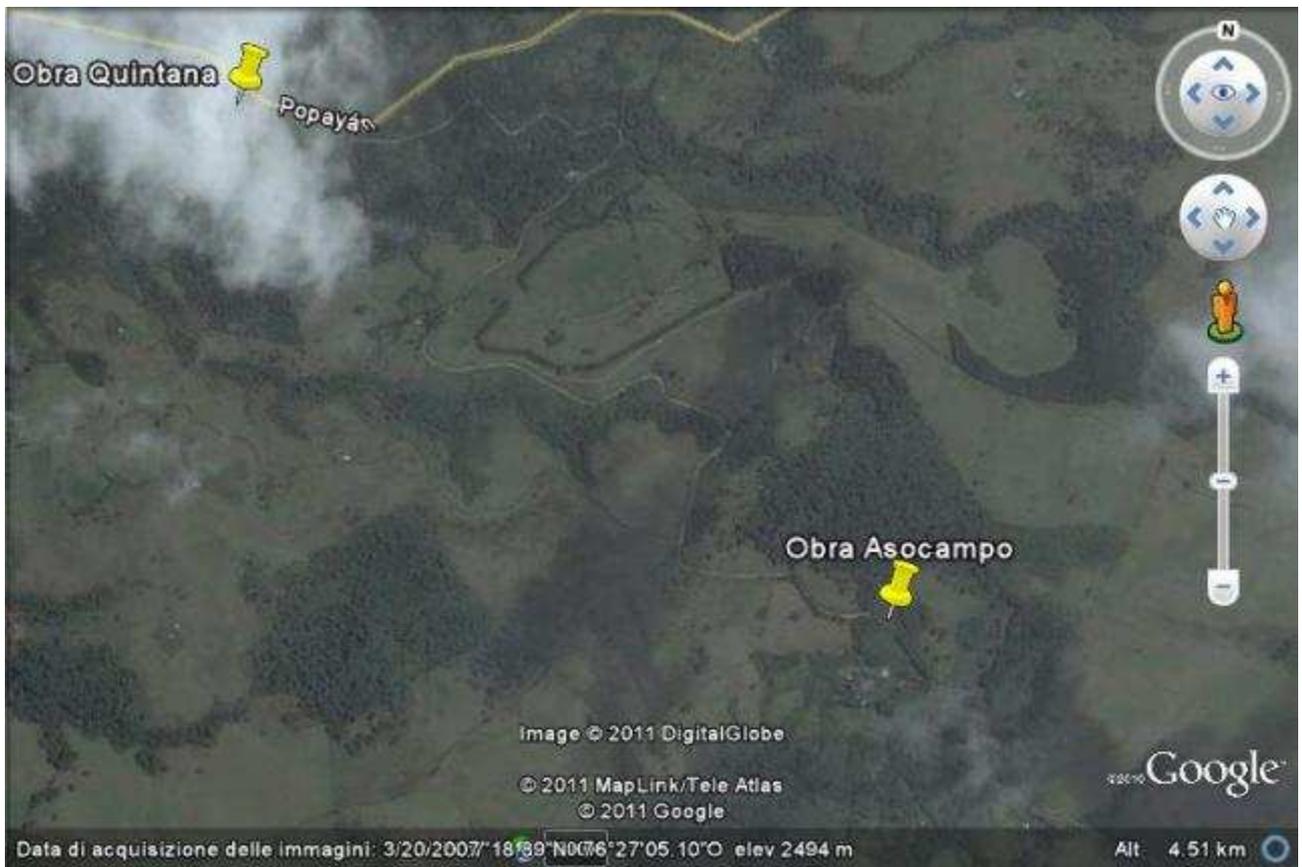
Todas las excavaciones se realizaron de mano: entramado, remodelado del talud y zanjas de drenaje

Se utilizó inmunizante para aumentar la durabilidad de la madera.

El encargado de la Universidad de Florencia asesoró la obra hasta la fecha del 19 de Julio 2011.

Para el éxito de la obra es muy importante monitorear el funcionamiento de los sistemas de drenaje y del canal de corona.

Cuidar y limpiar periódicamente las alcantarillas a lado y en frente de la obra



9. FICHAS DE LAS ESPECIES LEÑOSAS UTILIZADAS

ing. Fabio José Salazar

ALISO

Familia: Betulaceae

Nombre científico: *Alnus acuminata*.

Nombre común: Aliso, cerezo y chaquiro.

Altura máxima: 20-30 m

Diámetro: 70 cm

Rango óptimo de altitud: de 1.000 a 3.500 m.s.n.m

Descripción: Es nativo desde el norte de México, a través zonas de montaña en América Central (Guatemala, Costa Rica y Panamá) hasta el norte de Argentina, El área de distribución natural en el departamento del Cauca está comprendido entre 1.800 a 3.000 m.s.n.m y se encuentra en bosques húmedos y muy húmedos del montano y montano bajo



FAROLITO

Familia: Malvaceae

Nombre Científico: *Abutilon "Golden fleece"*

Nombre común: Abutilon amarillo

Altura máxima: 1 a 2 m

Exposición: sol

Tipo de Suelo: suelo con buen drenaje

Característica: Ornamental, su crecimiento es moderado, es procedente de Brasil, recibe el nombre de Arce Tropical, flores acampanadas que atraen picaflores y parecen de papel como la Rosa de China.



ENCENILLO

Familia: Cunoniaceae

Nombre Científico: *Weinmannia pubescens*

Nombre Común: Encenillo

Origen: Colombia

Altura máxima: 25 m

Diámetro máximo: 70 cm

Rango optimo de altitud: 1700 – 3200 m.s.n.m

Descripción: el encenillo es un árbol que hace parte de los bosques de niebla, sirviendo por su tamaño de cubierta a diversas especies de plantas y animales, lo encontramos en suelos ácidos y colabora con la estabilización de los barrancos.



CHILCO

Familia: Asteraceae

Nombre científico: *Baccharis latifolia*

Nombres comunes: Chilco, algodoncillo, ciro, sanalotodo.

Altura máxima: 3 m

Rango óptimo de altitud: 2500–2950 msnm

Descripción: arbusto que abunda en lugares de suelos húmedos conformando manchones en pastizales abiertos y en focos de erosión, es excelente para recuperación de suelos desnudos, control de taludes y surcos. Recuperación de suelos compactados por el sobrepastoreo. Protección de rondas hídricas.



CHACHAFRUTO

Familia: Fabaceae

Nombre Científico: *Erythrina edulis*

Nombres Comunes: Balú, baluy, sachafruto, nupo, poroto.

Origen: Norte de Suramérica

Diámetro: 60 cm

Altura máxima: 12 m.

Rango óptimo de altitud m.s.n.m. 1200 – 2500

Descripción: Posee agujones cortos en su tronco, su follaje es verde oscuro y denso, su fruto es de consumo humano y animal; sus hojas y ramas jóvenes son forraje de gran contenido proteico, especie que sirve como cerca viva y sombrío de café y ganado; es fijadora de nitrógeno y por lo tanto, apta para recuperación de suelos.



GUARANGO

Familia: Mimosaceae

Nombre Científico: *Mimosa Quitensis*

Nombre Común: Guarango

Origen: Colombia

Altura máxima: 3 a 7 m.

Rango óptimo de altitud: 2000 – 2500 m.s.n.m

Descripción: Su tronco y ramas están lleno de espinas, se propaga por estaca, se encuentra fácilmente en los barrancos o zonas erosionadas.



SAUCO

Familia: Caprifoliceae

Nombre científico: *Sambucus sp*

Nombre común: Saúco

Origen: Sur América

Altura máxima: 4 m

Rango óptimo de altitud: 2000 - 3000 m.s.n.m

Descripción: El cocimiento de sus hojas sirve para calmar la tos y como desinflamante; también se usa como cerca viva



LAUREL DE CERA

Familia: Myricaceae

Nombre Científico: *Myrica pubescens*

Nombre Común: Laurel de cera

Origen: Colombia

Altura: 5 m

Rango óptimo de altitud: 2000 - 2800 m.s.n.m.

Descripción: Los frutos son alimentos de avifauna, y de ellos se extrae una cera que es utilizada para producción de betún y barniz; se planta a lo largo de las riberas para protegerlas, es útil para controlar la erosión.



NACEDERO

Familia: Bignoniaceae

Nombre científico: *Delostoma integrifolium*

Nombre común: Teterete, nacedero

Origen: Colombia

Altura: 6 m

Rango óptimo de altitud: 1700 - 2600 m.s.n.m.

Descripción: se propaga por estacas, es una especie que se utiliza para protección de aguas y desarrolla raíces profundas que permiten el mejoramiento y amarre del suelo.



10. ANALISIS DE LOS COSTOS

Se realizaron análisis de los costos de: entramado vivo de pared doble, entramado vivo de cajon triangular (latino), emparillado vivo, trincho vivo, cobertura con red de cabuya y estolones, sistemas de drenaje somero (filtros principales y secundarios), fajas muertas para drenajes.

Los análisis de los costos se efectuaron sobre la base de los datos recogidos en las obras realizadas y sobre la base de la experiencia de los técnicos de la Universidad de Florencia y de la Fundación Procuencia Rio Las Piedras

1. Se consideraron los costos de materiales, herramientas y equipos, mano de obra y transporte para sacar la sumatoria de los costos de construcción.
2. Los costos de mano de obra se partieron en excavaciones y costos específicos de construcción (maestro de obra, obreros y motosierrista). Para calcular los costos de excavaciones se consideró que un obrero puede mover 2 m^3 de material terroso por día. El costo de alquiler de motosierra con operador (\$ 80.000) se partió en costo del aparato (\$ 60.000) y costo del motosierrista (\$ 20.000).
3. La cantidad de jornales se refieren a situaciones logísticas y organizativas ideales (obrerros bien capacitados, disponibilidad de todos los materiales y las herramientas en el sitio de la obra, etc.)
4. Los costos de transporte no incluyen el transporte de madera. Para calcularlos se consideró un porcentaje variable (1%-30%) de los costos de material sin madera, según la tipología de estructura.
5. Los costos de herramientas menores (pala, pica, palin, carretilla, trocero, segueta, serrucho, codal, nivel de burbuja, hilo, cinta métrica, alicate, tijera, machete, martillo 4 lb, maza 10 lb, brochas, inclinómetro) se calcularon como porcentaje (5%) de los costos de mano de obra.
6. A la sumatoria de los costos de construcción se añadieron los costos de seguridad social (80% de los costos de mano de obra y del motosierrista) y los costos de administración, imprevistos y utilidades (30% de la sumatoria de los costos de construcción)
7. En los precios está incluida el IVA

LISTADO DE LOS PRECIOS UNITARIOS

Objeto	Unidad de medida	Precio unitario
MATERIALES		
Postes de madera de eucalipto (Diam. 20 cm, Long. 4,5 m), puestos en el sitio	C/uno	\$ 30.000,00
Postes de madera de eucalipto (Diam. 10-12 cm, Long. 6 m), puestos en el sitio	C/uno	\$ 12.000,00
Estacas vivas (Long. 2 m, Diam. Variable)	C/uno	\$ 3.000,00
Estacas vivas (Long. 0,6-1 m, Diam. Variable)	C/uno	\$ 1.500,00
Plántulas	C/uno	\$ 1.500,00
Estolones de herbáceas	C/uno	\$ 750,00
Abono organico (10 kg/m ²)	kg/m ²	\$ 500,00
Clavos de hierro corrugado (Long. 30-40 cm, Diam. 0,5")	C/uno	\$ 1.550,00
Viga de hierro IPN (Long. 2 m)	C/uno	\$ 35.300,00
Varillas de hierro corrugado (Long. 2 m, Diam. 1")	C/uno	\$ 14.000,00
Pines de hierro en forma de T (Long. 0,5 m, Diam. 8 mm)	C/uno	\$ 2.000,00
Alambre de amarre	kg	\$ 4.000,00
Red de cabuya (1,5 m de ancho)	m ²	\$ 1.133,33
Geotextil (≈114 gr/ m ²)	m ²	\$ 609,43
Piedras (Diam. 10-15 cm)	m ³	\$ 40.000,00
Triturado (Diam. 1-2")	m ³	\$ 80.000,00
Mezcla inmunizante para madera (Borax + ACPM, Conc. 1:1)	Galón	\$ 30.000,00
Ramas muertas (Long. 1,5-2 m; Diam. Variable)	C/uno	\$ 50,00
Fajas muertas (Long. 1,5-2 m; Diam. 10-15 cm)	m	\$ 3.015,14
Tubos corugados - Taladrados para realizar huecos (Long. 6 m; Diam. 6")	C/uno	\$ 79.000,00
Tubos corugados microfisurados (Long. 6 m; Diam. 3")	C/uno	\$ 25.000,00
HERRAMIENTAS Y EQUIPO		
Generador electrico DIESEL mín. 1200 W de potencia	Días	\$ 60.000,00
Taladro 1000 W minimo de potencia con brocas	Días	\$ 15.000,00
Alquiler de motosierra	Días	\$ 60.000,00
Herramientas menor	(5% de la mano de obra)	
TRANSPORTE		
Transporte de materiales y herramientas al sitio de trabajo (no incluye trasporto de madera)	Entre 1-30% de los costos de materiales y herramientas (según la tipología de la obra)	
MANO DE OBRA		
Mano de obra para escavaciones	Días	\$ 20.000,00
Motosierrista	Días	\$ 20.000,00
Maestro de obra	Días	\$ 25.000,00
Obrero	Días	\$ 20.000,00

Tabla 10.a – Listado de los precios unitarios

Tipología de obra ENTRAMADO VIVO DE PARED DOBLE					
Objeto	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total	Porcentaje %
MATERIALES					
Postes de madera de eucalipto (Diam. 20 cm, Long. 4,5 m), puestos en el sitio	C/uno	1,01	\$ 30.000,00	\$ 30.288,46	23,9
Clavos de hierro corrugado (Long. 30-40 cm, Diam. 0.5")	C/uno	2,93	\$ 1.550,00	\$ 4.545,67	3,6
Mezcla inmunizante para madera (Borax + ACPM, Conc. 1:1)	Galón	0,10	\$ 30.000,00	\$ 2.884,62	2,3
Estacas vivas (Long. 2 m, Diam. Variable, 2 ud/m ³)	C/uno	2,02	\$ 3.000,00	\$ 6.057,69	4,8
Plántulas (1 ud/m ³)	C/uno	1,01	\$ 1.500,00	\$ 1.514,42	1,2
Estolones de herbáceas (2,5 ud/m ³)	C/uno	2,55	\$ 750,00	\$ 1.911,06	1,5
Abono orgánico (2 kg/m ³)	kg/m ²	2,00	\$ 500,00	\$ 1.000,00	0,8
Viga de hierro IPN (Long. 2m)	C/uno	0,05	\$ 35.300,00	\$ 1.697,12	1,3
Varillas de hierro corrugado (Long. 2m, Diam. 1")	C/uno	0,10	\$ 14.000,00	\$ 1.346,15	1,1
				\$ 51.245,19	40,5
HERRAMIENTAS Y EQUIPO					
Generador eléctrico DIESEL mín. 1200 W de potencia	Días	0,05	\$ 60.000,00	\$ 2.884,62	2,3
Taladro 1000 W mínimo de potencia con brocas	Días	0,05	\$ 15.000,00	\$ 721,15	0,6
Herramientas menor (5% de la mano de obra)				\$ 1.149,04	0,9
Alquiler de motosierra	Días	0,05	\$ 60.000,00	\$ 2.884,62	2,3
				\$ 7.639,42	6,0
MANO DE OBRA					
Mano de obra para excavaciones	Días	0,50	\$ 20.000,00	\$ 10.000,00	7,9
Motosierrista	Días	0,05	\$ 20.000,00	\$ 961,54	0,8
Maestro de obra	Días	0,10	\$ 25.000,00	\$ 2.403,85	1,9
Óbreros	Días	0,48	\$ 20.000,00	\$ 9.615,38	7,6
				\$ 22.980,77	18,1
TRANSPORTE					
Transporte de materiales y herramientas al sitio de trabajo (5% de costos de materiales y herramientas; no incluye transporte de madera)				\$ 1.429,81	1,1
				\$ 1.429,81	1,1
SUMATORIA COSTOS DE CONSTRUCCION \$/m³				\$ 83.295,19	
OTROS COSTOS					
Seguridad social y aportes 80% de la mano de obra y del motosierrista)				\$ 18.384,62	14,5
A. I. U. Administración, Imprevistos y Utilidades (30% de la sumatoria de los costos de construcción)				\$ 24.988,56	19,7
				\$ 43.373,17	34,2
COSTO UNITARIO TOTAL \$/m³				\$ 126.668,37	100,0

Tabla 10.b – Análisis costo entramado vivo de pared doble

Tipología de obra					
ENTRAMADO VIVO DE CAJÓN TRIANGULAR (LATINO)					
Objeto	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total	Porcentaje %
MATERIALES					
Postes de madera de eucalipto (Diam. 20 cm, Long. 4,5 m), puestos en el sitio	C/uno	0,71	\$ 30.000,00	\$ 21.306,82	21,1
Clavos de hierro corrugado (Long. 30-40 cm, Diam. 0.5")	C/uno	1,53	\$ 1.550,00	\$ 2.377,84	2,4
Mezcla inmunizante para madera (Borax + ACPM, Conc. 1:1)	Galón	0,07	\$ 30.000,00	\$ 2.045,45	2,0
Estacas vivas (Long. 2 m, Diam. Variable, 2 ud/m ³)	C/uno	2,05	\$ 3.000,00	\$ 6.136,36	6,1
Plántulas (1 ud/m ³)	C/uno	1,02	\$ 1.500,00	\$ 1.534,09	1,5
Estolones de herbáceas (2,5 ud/m ³)	C/uno	2,50	\$ 750,00	\$ 1.875,00	1,9
Abono orgánico (2 kg/m ³)	kg/m ²	2,00	\$ 500,00	\$ 1.000,00	1,0
Viga de hierro IPN (Long. 2m)	C/uno	0,06	\$ 35.300,00	\$ 2.005,68	2,0
Varillas de hierro corrugado (Long. 2m, Diam. 1")	C/uno	0,11	\$ 14.000,00	\$ 1.590,91	1,6
				\$ 39.872,16	39,5
HERRAMIENTAS Y EQUIPO					
Generador eléctrico DIESEL mín. 1200 W de potencia	Días	0,03	\$ 60.000,00	\$ 2.045,45	2,0
Taladro 1000 W mínimo de potencia con brocas	Días	0,03	\$ 15.000,00	\$ 511,36	0,5
Herramientas menor (5% de la mano de obra)				\$ 960,23	1,0
Alquiler de motosierra	Días	0,03	\$ 60.000,00	\$ 2.045,45	2,0
				\$ 5.562,50	5,5
MANO DE OBRA					
Mano de obra para escavaciones	Días	0,50	\$ 20.000,00	\$ 10.000,00	9,9
Motosierrista	Días	0,03	\$ 20.000,00	\$ 681,82	0,7
Maestro de obra	Días	0,07	\$ 25.000,00	\$ 1.704,55	1,7
Obreros	Días	0,34	\$ 20.000,00	\$ 6.818,18	6,8
				\$ 19.204,55	19,0
TRANSPORTE					
Transporte de materiales y herramientas al sitio de trabajo (5% de costos de materiales y herramientas; no incluye transporte de madera)				\$ 1.206,39	1,2
				\$ 1.206,39	1,2
SUMATORIA COSTOS DE CONSTRUCCION \$/m³				\$ 65.845,60	
OTROS COSTOS					
Seguridad social y aportes 80% de la mano de obra y del motosierrista)				\$ 15.363,64	15,2
A. I. U. Administración, Imprevistos y Utilidades (30% de la sumatoria de los costos de construcción)				\$ 19.753,68	19,6
				\$ 35.117,32	34,8
COSTO UNITARIO TOTAL \$/m³				\$ 100.962,91	100,0

Tabla 10.b – Análisis costo entramado de cajón triangular (latino)

Tipología de obra EMPARILLADO VIVO					
Objeto	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total	Porcentaje %
MATERIALES					
Postes de madera de eucalipto (Diam. 20 cm, Long. 4-5 m) puestos en el sitio	C/uno	0,63	\$ 30.000,00	\$ 19.000,00	15,8
Clavos de hierro corrugado (Long. 30-40 cm, Diam. 0.5")	C/uno	1,17	\$ 1.550,00	\$ 1.808,33	1,5
Mezcla inmunizante para madera (Borax + ACPM, Conc. 1:1)	Galón	0,06	\$ 30.000,00	\$ 1.850,00	1,5
Estacas vivas (Long. 0,6-1 m, Diam. Variable, 2 ud/m ²)	C/uno	2,00	\$ 1.500,00	\$ 3.000,00	2,5
Plántulas (1 ud/m ²)	C/uno	1,00	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00	1,2
Estolones de herbáceas (5 ud/m ²)	C/uno	5,00	\$ 750,00	\$ 3.750,00	3,1
Abono organico (10 kg/m ²)	kg/m ²	10,00	\$ 500,00	\$ 5.000,00	4,2
Varillas de hierro corrugado (Long. 2m, Diam. 1")	C/uno	0,35	\$ 14.000,00	\$ 4.900,00	4,1
				\$ 40.808,33	34,0
HERRAMIENTAS Y EQUIPO					
Generador electrico DIESEL mín. 1200 W de potencia	Días	0,050	\$ 60.000,00	\$ 3.000,00	2,5
Taladro 1000 W mínimo de potencia con brocas	Días	0,050	\$ 15.000,00	\$ 750,00	0,6
Herramientas menor (5% de la mano de obra)				\$ 1.300,00	1,1
Alquiler de motosierra	Días	0,050	\$ 60.000,00	\$ 3.000,00	2,5
				\$ 8.050,00	6,7
MANO DE OBRA					
Motosierrista	Días	0,050	\$ 20.000,00	\$ 1.000,00	0,8
Maestro de obra	Días	0,200	\$ 25.000,00	\$ 5.000,00	4,2
Obreros	Días	1,000	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00	16,7
				\$ 26.000,00	21,7
TRANSPORTE					
Transporte de materiales y herramientas al sitio de trabajo (5% de costos de materiales y herramientas; no incluye trasporte de madera)				\$ 1.492,92	1,2
				\$ 1.492,92	1,2
SUMATORIA COSTOS DE CONSTRUCCION \$/m²				\$ 76.351,25	
OTROS COSTOS					
Seguridad social y aportes (80% de la mano de obra)				\$ 20.800,00	17,3
A. I. U. Administración, Imprevistos y Utilidades (30% de la sumatoria de los costos de construcción)				\$ 22.905,38	19,1
				\$ 43.705,38	36,4
COSTO UNITARIO TOTAL \$/m²				\$ 120.056,63	100,0

Tabla 10.c – Análisis costo emparillado vivo

Tipología de obra					
COBERTURA ANTIEROSION EN RED DE CABUYA Y ESTOLONES					
Objeto	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total	Porcentaje %
MATERIALES					
Red de cabuya (1,5 m de ancho)	m ²	1	\$ 1.133,33	\$ 1.133,33	10,1
Pines de hierro en forma de T (Long. 0,5 m, Diam. 8 mm)	C/uno	1	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00	17,8
Abono organico (10 kg/m ²)	kg/m ²	1	\$ 500,00	\$ 500,00	4,5
Estolones de herbáceas (1 ud/m ²)	C/uno	1	\$ 750,00	\$ 750,00	6,7
				\$ 4.383,33	39,1
HERRAMIENTAS Y EQUIPO					
Herramientas menor (5% de la mano de obra)				\$ 113,75	1,0
				\$ 113,75	1,0
MANO DE OBRA					
Maestro de obra	Días	0,015	\$ 25.000,00	\$ 375,00	3,3
Obreros	Días	0,095	\$ 20.000,00	\$ 1.900,00	17,0
				\$ 2.275,00	20,3
TRANSPORTE					
Transporte de materiales y herramientas al sitio de trabajo (10% de costos de materiales y herramientas)				\$ 449,71	4,0
				\$ 449,71	4,0
SUMATORIA COSTOS DE CONSTRUCCION \$/m²				\$ 7.221,79	
OTROS COSTOS					
Seguridad social y aportes (80% de la mano de obra)				\$ 1.820,00	16,2
A. I. U. Administración, Imprevistos y Utilidades (30% de la sumatoria de los costos de construcción)				\$ 2.166,54	19,3
				\$ 3.986,54	35,6
COSTO UNITARIO TOTAL \$/m²				\$ 11.208,32	100,0

Tabla 10.d – Análisis costo cobertura antierosiva en red de cabuya y estolones

Tipología de obra TRINCHOS VIVOS					
Objeto	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total	Porcentaje %
MATERIALES					
Postes de madera de eucalipto (Diam. 10-12 cm, Long. 6 m) puestos en el sitio	C/uno	2,25	\$ 12.000,00	\$ 27.000,00	20,2
Alambre de amarre	kg	0,3	\$ 4.000,00	\$ 1.200,00	0,9
Mezcla inmunizante para madera (Borax + ACPM, Conc. 1:1)	Galón	0,1	\$ 30.000,00	\$ 3.000,00	2,2
Estacas vivas (Long. 2 m, Diam. Variable, 4 ud/m ²)	C/uno	4	\$ 3.000,00	\$ 12.000,00	9,0
Estacas vivas para paralelos verticales (Long. 2 m, Diam. 8-10 cm, 2 ud/m ²)	C/uno	2	\$ 3.000,00	\$ 6.000,00	4,5
Plántulas (2 ud/m ²)	C/uno	2	\$ 1.500,00	\$ 3.000,00	2,2
Estolones de herbáceas (16 ud/m ²)	C/uno	16	\$ 750,00	\$ 12.000,00	9,0
Abono orgánico (10 kg/m ²)	kg/m ²	10	\$ 500,00	\$ 5.000,00	3,7
				\$ 69.200,00	51,7
HERRAMIENTAS Y EQUIPO					
Herramientas menor (5% de la mano de obra)				\$ 1.000,00	0,7
				\$ 1.000,00	0,7
MANO DE OBRA					
Obreros	Dias	1	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00	14,9
				\$ 20.000,00	14,9
TRANSPORTE					
Transporte de materiales y herramientas al sitio de trabajo (1% de costos de materiales y herramientas; no incluye transporte de madera)				\$ 432,00	0,3
				\$ 432,00	0,3
SUMATORIA COSTOS DE CONSTRUCCION \$/m²				\$ 90.632,00	
OTROS COSTOS					
Seguridad social y aportes 80% de la mano de obra)				\$ 16.000,00	12,0
A. I. U. Administración, Imprevistos y Utilidades (30% de la sumatoria de los costos de construcción)				\$ 27.189,60	20,3
				\$ 43.189,60	32,3
COSTO UNITARIO TOTAL \$/m²				\$ 133.821,60	100,0

Tabla 10.e – Análisis costo trincho vivo

Tipología de obra					
SISTEMA DE DRENAJE SOMERO: Filtro principal					
Objeto	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total	Porcentaje %
MATERIALES					
Tubos corugados - Taladrados para realizar huecos (Long. 6 m Diam. 6")	C/uno	0,952	\$ 79.000,00	\$ 75.238,10	19,4
Geotextil (≈ 114 gr/ m ²)	m ²	11,429	\$ 609,43	\$ 6.964,91	1,8
Fajas muertas (Long. 1,5-2 m; Diam. 10-15 cm). En cantidad de 6 ud cada 2 m.	m	17,143	\$ 1.507,57	\$ 25.844,03	6,7
Piedras (Diam. 10-15 cm)	m ³	0,397	\$ 40.000,00	\$ 15.873,02	4,1
Triturado (Diam. 1-2")	m ³	0,587	\$ 80.000,00	\$ 46.984,13	12,1
Pines de hierro en forma de T (Long. 0,5 m, Diam. 8 mm)	C/uno	1,905	\$ 2.000,00	\$ 3.809,52	1,0
				\$ 174.713,70	45,0
HERRAMIENTAS Y EQUIPO					
Herramientas menor (5% de la mano de obra)				\$ 2.126,98	0,5
				\$ 2.126,98	0,5
MANO DE OBRA					
Mano de obra para excavaciones	Días	0,500	\$ 20.000,00	\$ 10.000,00	2,6
Maestro de obra	Días	0,159	\$ 25.000,00	\$ 3.968,25	1,0
Obreros	Días	1,429	\$ 20.000,00	\$ 28.571,43	7,4
				\$ 42.539,68	11,0
TRANSPORTE					
Transporte de materiales y herramientas al sitio de trabajo (30% de costos de materiales y herramientas)				\$ 53.052,21	13,7
				\$ 53.052,21	13,7
SUMATORIA COSTOS DE CONSTRUCCION \$/m³				\$ 272.432,58	
OTROS COSTOS					
Seguridad social y aportes (80% de la mano de obra)				\$ 34.031,75	8,8
A. I. U. Administración, Imprevistos y Utilidades (30% de la sumatoria de los costos de construcción)				\$ 81.729,77	21,1
				\$ 115.761,52	29,8
COSTO UNITARIO TOTAL \$/m³				\$ 388.194,10	100,0

Tabla 10.f – Análisis costo Sistema de Drenaje: filtro principal

Tipología de obra					
SISTEMA DE DRENAJE SOMERO: Filtro secundario					
Objeto	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total	Porcentaje %
MATERIALES					
Tubos corugados microfisurados (Long. 6 m; Diam. 3")	C/uno	2,22	\$ 25.000,00	\$ 55.555,56	13,1
Geotextil	m ²	15,56	\$ 609,43	\$ 9.480,02	2,2
Fajas muertas (Long. 1,5-2 m; Diam. 10-15 cm)	m	20,00	\$ 1.507,57	\$ 30.151,37	7,1
Piedras (Diam. 10-15 cm)	m ³	0,51	\$ 40.000,00	\$ 20.444,44	4,8
Triturado (Diam. 1-2")	m ³	0,62	\$ 80.000,00	\$ 49.777,78	11,8
Estacas vivas (Long. 2 m; Diam. Variable)	C/uno	20,00	\$ 1.200,00	\$ 24.000,00	5,7
Pines de hierro en forma de T (Long. 0,5 m, Diam. 8 mm)	C/uno	4,44	\$ 2.000,00	\$ 8.888,89	2,1
				\$ 198.298,05	46,9
HERRAMIENTAS Y EQUIPO					
Herramientas menor (5% de la mano de obra)				\$ 2.013,89	0,5
				\$ 2.013,89	0,5
MANO DE OBRA					
Mano de obra para excavaciones	Dias	0,500	\$ 20.000,00	\$ 10.000,00	2,4
Maestro de obra	Dias	0,144	\$ 25.000,00	\$ 3.611,11	0,9
Obreros	Dias	1,333	\$ 20.000,00	\$ 26.666,67	6,3
				\$ 40.277,78	9,5
TRANSPORTE					
Transporte de materiales y herramientas al sitio de trabajo (30% de costos de materiales y herramientas)				\$ 60.093,58	14,2
				\$ 60.093,58	14,2
SUMATORIA COSTOS DE CONSTRUCCION \$/m³				\$ 300.683,30	
OTROS COSTOS					
Seguridad social y aportes (80% de la mano de obra)				\$ 32.222,22	7,6
A. I. U. Administración, Imprevistos y Utilidades (30% de la sumatoria de los costos de construcción)				\$ 90.204,99	21,3
				\$ 122.427,21	28,9
COSTO UNITARIO TOTAL \$/m³				\$ 423.110,52	100,0

Tabla 10.g – Análisis costo Sistema de Drenaje: filtro secundario

Tipología de obra					
FAJAS MUERTAS PARA DRENAJES (Long. 1,5-2 m; Diam. 10-15 cm)					
Objeto	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Total	Porcentaje %
MATERIALES					
Ramas muertas (Long. 1,5-2 m; Diam. Variable)	C/uno	7,5	\$ 50,00	\$ 375,00	24,9
Alambre de amarre	kg	0,15	\$ 4.000,00	\$ 600,00	39,8
				\$ 975,00	64,7
HERRAMIENTAS Y EQUIPO					
Herramientas menor (5% de la mano de obra)				\$ 5,25	0,3
				\$ 5,25	0,3
MANO DE OBRA					
Obreros	Dias	0,005250	\$ 20.000,00	\$ 105,00	7,0
				\$ 105,00	7,0
TRANSPORTE					
Transporte de materiales y herramientas al sitio de trabajo (1% de costos de materiales y herramientas; no incluye trasporte de madera)				\$ 9,80	0,7
				\$ 9,80	0,7
SUMATORIA COSTOS DE CONSTRUCCION \$/m				\$ 1.095,05	
OTROS COSTOS					
Seguridad social y aportes (80% de la mano de obra)				\$ 84,00	5,6
A. I. U. Administración, Imprevistos y Utilidades (30% de la sumatoria de los costos de construcción)				\$ 328,52	21,8
				\$ 412,52	27,4
COSTO UNITARIO TOTAL \$/m				\$ 1.507,57	100,0

Tabla 10.h – Fajas muertas para drenaje

	MATERIALES %	HERRAMIENTAS %	MANO DE OBRA %	TRANSPORTE %	OTROS COSTOS %		
					Seg. social	A.I.U.	
Entramado vivo de pared doble	40,5	6,0	18,1	1,1	14,5	19,7	
Entramado vivo de cajon triangular (<i>latino</i>)	39,5	5,5	19,0	1,2	15,2	19,6	
Emparillado vivo	34,0	6,7	21,7	1,2	17,3	19,1	
Cobertura con red de cabuya y estolones	39,1	1,0	20,3	4,0	16,2	19,3	
Trinchos vivos	51,7	0,7	14,9	0,3	12,0	20,3	
Sistema drenaje somero	Filtro principal	45,0	0,5	11,0	13,7	8,8	21,1
	Filtro secundario	46,9	0,5	9,5	14,2	7,6	21,3

Tabla 10.i – Comparación del peso relativo de cada categoría de costo en porcentaje

	MANO DE OBRA + Seg. Social %	
Entramado vivo de pared doble	32,7	
Entramado vivo de cajon triangular (<i>latino</i>)	34,2	
Emparillado vivo	39,0	
Cobertura con red de cabuya y estolones	36,5	
Trinchos vivos	26,9	
Sistema drenaje somero	Filtro principal	19,7
	Filtro secundario	17,1

Tabla 10.l – Suma de los costos de mano de obra y de seguridad social (80% de la mano de obra)

	Madera %	Red cabuya %	Piedras (diam. 10-15 cm) %	Material vegetal vivo %	MANO DE OBRA %	TOTAL	
Entramado vivo de pared doble	23,9	-	-	8,6	18,1	50,6	
Entramado vivo de cajon triangular (<i>latino</i>)	21,1	-	-	9,5	19,0	49,6	
Emparillado vivo	15,8	-	-	6,9	21,7	44,4	
Cobertura con red de cabuya y estolones		10,1	-	6,7	20,3	37,1	
Trinchos vivos	20,2	-	-	24,7	14,9	59,8	
Sistema drenaje somero	filtro principal	-	-	4,1	-	11,0	15,0
	filtro secundario	-	-	4,8	5,7	9,5	20,0

Tabla 10.m – Mano de obra y categorías de materiales abastecidos por las comunidades locales

En la Tabla 10.i se compara el peso relativo en porcentaje de cada categoría de costo por cada tipología de estructuras utilizadas en las obras. Se puede notar el alto porcentaje de mano de obra, característico de la Ingeniería Naturalística. La mano de obra pesa por un porcentaje entre el 14,9% y el 21,7% de los costos totales de las estructuras de Ingeniería Naturalística realizadas en el proyecto (trinchos, entramados, coberturas con red de cabuya y emparillados). Este porcentaje sube hasta al 39% si se añaden los costos de seguridad social (Tabla 10.l).

Los materiales constituyen un porcentaje entre el 34% y el 51,7% del total. En las estructuras en que se utiliza madera (entramados, emparillados, trinchos), este material pesa hasta al 25,7% del costo total (Tabla 10.m). Entonces es muy importante disponer de madera de calidad y de bajo costo.

Los porcentajes de costos para herramientas (Tabla 10.i) de emparillados y entramados (5,7% - 6,7%) son más elevados debido al uso de generador eléctrico y taladro.

Para calcular los costos de transporte de los filtros se consideró un porcentaje del 30% del costo de los materiales sin madera (Tablas 10.f, 10.g) esto debido al uso de piedras y gravas, que a menudo hay que transportar con volquetas. Por esto el sistema de drenaje somero tiene porcentaje de costos de transporte mayores. Las estructuras de Ingeniería Naturalística tienen bajos costos de transporte porque, fuera de la madera, no necesitan de materiales o herramientas voluminosos (Tabla 10.i).

Los costos de Administración, Imprevistos y Utilidades. Representan más o menos el 20% del total (Tabla 10.i).

Las comunidades locales abastecieron la mano de obra y algunos de los materiales: palos de madera, material vegetal y piedras. La red de cabuya es una típica producción local (utilizada sobre todo para realizar costales para café). La suma de los costos de estos materiales y de la mano de obra representa un porcentaje entre 37,1% y 59,8% del total (Tabla 10.m).

11. MANEJO Y MANTENIMIENTO

El éxito de una obra de Ingeniería Naturalística depende de mucho del buen desarrollo de las plantas. Entonces el manejo y mantenimiento de obras de Ingeniería Naturalística es muy importante porque el uso de material vegetal vivo requiere estas actividades ya cuando las obras se acaban de realizar. La tipología y la frecuencia de actividades de manejo y mantenimiento dependen de la zona de intervención y de las condiciones climáticas anuales y estacionales.

Es recomendable guardar un valor para realizar las actividades de manejo y mantenimiento.

De toda forma el uso de especies nativas y compatibles con las condiciones ecológicas de los sitios de intervención reduce al mínimo las necesidades de manejo y mantenimiento.

Las principales actividades de manejo y mantenimiento se pueden así resumir:

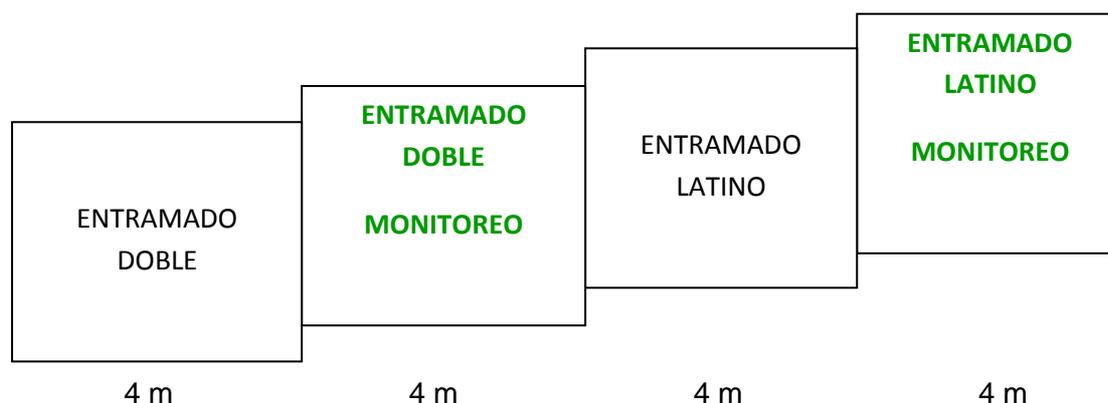
- Arreglo de partes de estructuras dañadas
- Control del crecimiento de las especies herbáceas para que no ahoguen las estacas y plantines sembradas
- Reemplazo de plantas muertas
- Potas de las plantas
- Abono y fitofármacos (si necesarios)
- Riego según necesidad
- Control y limpieza de los sistemas de drenaje subterráneo y manejo de las aguas de lluvia (filtros, cunetas, acejas, etc.)

12. FICHAS DE MONITOREO

12.1 RESGUARDO DE PURACÉ (OBRA PILOTO DE CAPACITACION)

Familia	Nombre común	Nombre científico	Propagación
Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	Estaca
Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	Estaca
Mimosacea	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	Estaca
Betulaceae	Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	Plantín
Myricaceae	Laurel de cera	<i>Myrica pubescens</i>	Plantín
Cunoniaceae	Encenillo	<i>Weimannia tomentosa pubesans</i>	Plantín

Tabla 13.1.a – Listado de las especies utilizadas en el entramado de Puracé



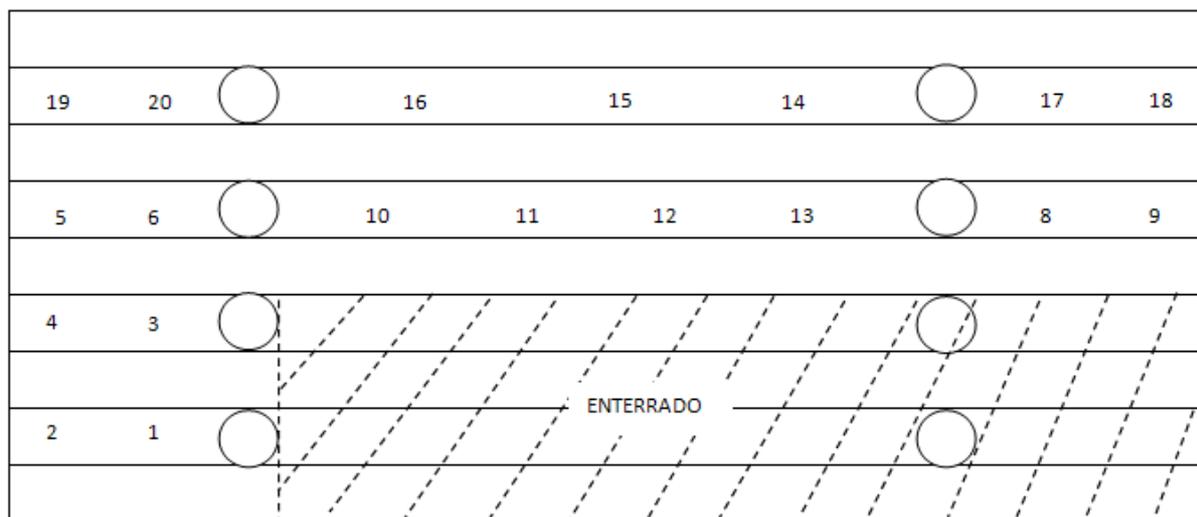
Esquema 12.1.a – Ubicación de los entramados monitoreados

N°	Familia	Nombre común	Nombre científico	Longitud (cm)	Diámetro base (cm)	Propagación
1	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	160	3	Estaca
2	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	95	3.5	Estaca
3	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	176	7	Estaca
4	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	2	5	Estaca
5	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	160	6	Estaca
6	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	148	3.5	Estaca
8	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	210	5	Estaca
9	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	160	3	Estaca
10	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	57	2	Estaca
11	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	110	2.5	Estaca
12	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	85	1.5	Estaca
13	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	120	2.8	Estaca
14	Betulaceae	Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	32	0.5	Plantín
15	Betulaceae	Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	29	0.3	Plantín
16	Betulaceae	Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	34	0.5	Plantín
17	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	135	4	Estaca
18	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	135	2	Estaca
19	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	177	3.5	Estaca
20	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	230	2.5	Estaca

Tabla 12.1.b – Especies sembradas en el entramado de cajón triangular (*latino*)

N°	Familia	Nombre común	Nombre científico	Longitud (cm)	Diámetro base (cm)	Propagación
1	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	130	2.5	Estaca
2	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	100	1.0	Estaca
3	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	145	3	Estaca
4	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	180	4.5	Estaca
5	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	190	4.5	Estaca
6	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	245	8.0	Estaca
7	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	169	3.0	Estaca
8	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	150	2.5	Estaca
9	Betulaceae	Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	30	0.5	Plantín
10	Betulaceae	Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	29	0.5	Plantín
11	Betulaceae	Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	31	0.4	Plantín
12	Myricaceae	Laurel de cera	<i>Myrica pubescens</i>	12	0.3	Plantín
13	Myricaceae	Laurel de cera	<i>Myrica pubescens</i>	15	0.2	Plantín
14	Myricaceae	Laurel de cera	<i>Myrica pubescens</i>	19	0.3	Plantín
15	Cunoniaceae	Encenillo	<i>Weimannia tomentosa pubesans</i>	18	0.2	Plantín
16	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	262	4.0	Estaca
17	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	260	4.0	Estaca
18	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	200	3.5	Estaca
19	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	161	2.0	Estaca
20	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	150	2.0	Estaca
21	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	150	2.0	Estaca
22	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	150	2.0	Estaca
23	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	187	4.5	Estaca
24	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	175	3.0	Estaca
25	Cunoniaceae	Encenillo	<i>Weimannia tomentosa pubesans</i>	17	0.3	Plantín
26	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	125	3.3	Estaca
27	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	132	1.7	Estaca
28	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	150	3.0	Estaca
29	Betulaceae	Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	25	0.7	Plantín
30	Betulaceae	Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	34.5	0.4	Plantín
31	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	120	2.0	Estaca

Tabla 12.1.c – Especies sembradas en el entramado de pared doble

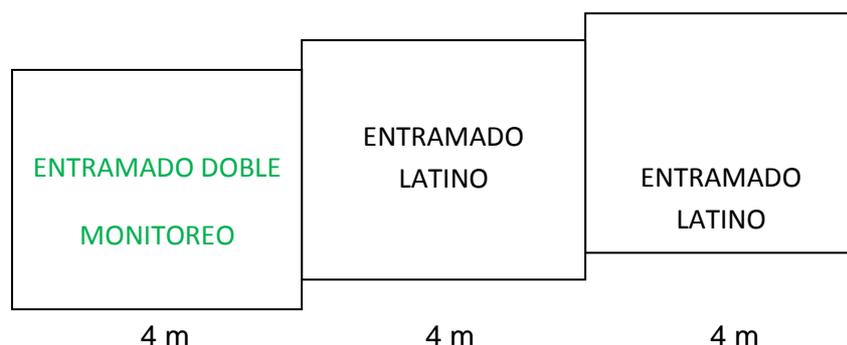


Esquema 12.1.b – Ubicación de las plantas sembradas en el entramado latino. Densidad de siembra de las plantas (estacas y plantines): 2 ud/ml por piso

13.2 RESGUARDO DE POBLAZON

Familia	Nombre común	Nombre científico	Propagación
Mimosacea	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	Estaca
Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	Estaca
Fabaceae	Chachafruto	<i>Erythrina edulis</i>	Estaca

Tabla 12.2.a – Listado de las especies utilizadas en el entramado de Poblazón



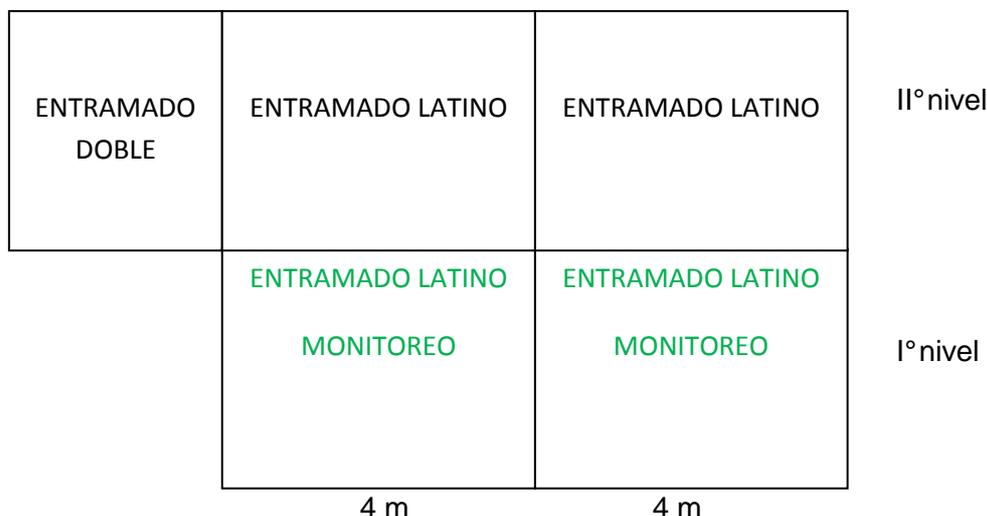
Esquema 12.2.a – Ubicación de los entramados monitoreados

N°	Familia	Nombre común	Nombre científico	Longitud (cm)	Diámetro base (cm)	Propagación
1	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	200	2	Estaca
2	Mimosacea	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	200	4	Estaca
3	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	200	3	Estaca
4	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	200	5	Estaca
5	Mimosacea	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	200	3	Estaca
6	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	200	3	Estaca
7	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	200	2	Estaca
8	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	200	3	Estaca
9	Mimosacea	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	200	4	Estaca
10	Fabaceae	Chachafruto	<i>Erythrina edulis</i>	200	4	Estaca
11	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	200	2	Estaca
12	Mimosacea	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	200	5	Estaca
13	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	200	4	Estaca
14	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	200	2	Estaca
15	Mimosacea	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	200	2	Estaca
16	Mimosacea	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	200	2	Estaca
17	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	200	3	Estaca
18	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	200	5	Estaca
19	Mimosacea	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	200	4	Estaca
20	Fabaceae	Chachafruto	<i>Erythrina edulis</i>	200	2	Estaca
21	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	200	3	Estaca
22	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	200	3	Estaca
23	Mimosacea	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	200	4	Estaca
24	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	200	5	Estaca
25	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	200	5	Estaca
26	Mimosacea	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	200	3	Estaca
27	Mimosacea	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	200	4	Estaca
28	Fabaceae	Chachafruto	<i>Erythrina edulis</i>	200	2	Estaca
29	Fabaceae	Chachafruto	<i>Erythrina edulis</i>	200	2	Estaca
30	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	200	3	Estaca
31	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	200	3	Estaca
32	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	200	5	Estaca
33	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	200	5	Estaca
34	Mimosacea	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	200	5	Estaca
35	Mimosacea	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	200	4	Estaca
36	Mimosacea	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	200	5	Estaca
37	Mimosacea	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	200	4	Estaca
38	Mimosacea	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	200	3	Estaca
39	Mimosacea	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	200	4	Estaca
40	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	180	3	Estaca
41	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	180	3	Estaca

13.3 RESGUARDO DE QUINTANA

Familia	Nombre común	Nombre científico	Propagación
Mimosaceae	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	Estaca
Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	Estaca
Adoxaceae	Sauco	Sauco sp	Estaca
Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	Estaca

Tabla 12.3.a – Listado de las estacas utilizadas en el entramado de Quintana

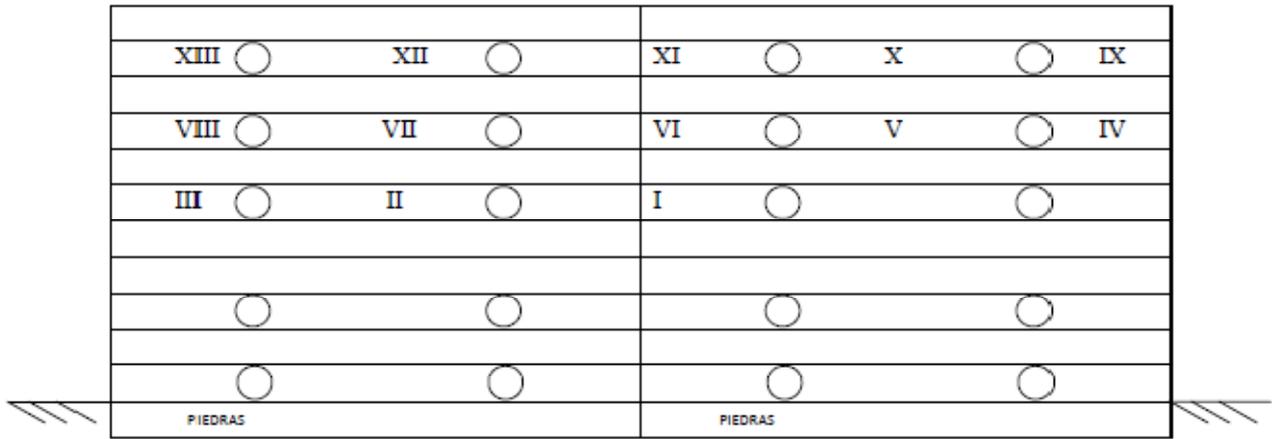


Esquema 12.3.a – Ubicación de los entramados monitoreados

Grupo	N°	Familia	Nombre común	Nombre científico	Altura (cm)	Diámetro base (cm)	Propagación
I	1	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
	2	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2	Estaca
	3	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
	4	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
II	5	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
	6	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2	Estaca
	7	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
	8	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
	9	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
III	10	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2	Estaca
	11	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
	12	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
	13	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2	Estaca
	14	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
	15	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
	16	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2	Estaca
	17	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2	Estaca
	18	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
IV	19	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
	20	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2	Estaca
	21	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2	Estaca
V	22	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2	Estaca
	23	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
	24	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
	25	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2,5	Estaca
	26	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2	Estaca
	27	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2,5	Estaca
	28	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2	Estaca
VI	29	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2	Estaca
	30	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2	Estaca
	31	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
	32	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
	33	Bignoniaceae	Nacadero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
	34	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2	Estaca
	35	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2	Estaca

	36	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2	Estaca
	37	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2,5	Estaca
	38	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2,5	Estaca
	39	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2,5	Estaca
VII	40	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2	Estaca
	41	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
	42	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
	43	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2	Estaca
	44	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2,5	Estaca
	45	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2,5	Estaca
VIII	46	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2	Estaca
	47	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2,5	Estaca
	48	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2	Estaca
	49	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2,5	Estaca
IX	50	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	120	2	Estaca
	51	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	120	3	Estaca
	52	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	3,5	Estaca
X	53	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	120	3	Estaca
	54	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	120	2	Estaca
	55	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	120	3	Estaca
	56	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	120	2	Estaca
	57	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	120	3	Estaca
	58	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	3	Estaca
	59	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	3	Estaca
	60	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2	Estaca
XI	61	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	120	2	Estaca
	62	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	120	2	Estaca
	63	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	120	3	Estaca
	64	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	120	3	Estaca
	65	Mimosaceae	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	120	2	Estaca
	66	Mimosaceae	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	120	2	Estaca
	67	Mimosaceae	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	120	3	Estaca
	68	Mimosaceae	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	120	2	Estaca
	69	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2	Estaca
	70	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	3	Estaca
	71	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2	Estaca
	72	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	120	5	Estaca
	73	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	120	3	Estaca
	74	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	120	5	Estaca
	75	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	120	5	Estaca
XII	76	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	130	2	Estaca
	77	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	130	3	Estaca
	78	Mimosaceae	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	130	2	Estaca
	79	Mimosaceae	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	130	3	Estaca
	80	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	130	3	Estaca
	81	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	130	2	Estaca
	82	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	130	5	Estaca
	83	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	130	3	Estaca
XIII	84	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	120	2	Estaca
	85	Adoxaceae	Sauco	<i>Sauco sp</i>	120	3	Estaca
	86	Mimosaceae	Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	120	2	Estaca
	87	Malvaceae	Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	120	2	Estaca
	88	Bignoniaceae	Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	120	3	Estaca

Tabla 12.3.b – Especies sembradas en el primer entramado de Quintana



Esquema 12.3.b – Ubicación de las plantas sembradas en el entramado de pared doble. Densidad de siembra de las plantas (estacas y plantines): 6 ud/ml por piso

Nombre común	Nombre científico	Propagación	Cantidad	Promedio altura (cm)	Promedio diámetro base (cm)	Altura MIN-MAX (cm)	Diámetro base MIN-MAX (cm)
Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	Estaca	7	123	2,3	120-130	2-3
Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	Estaca	42	120	2,7	120-130	2-5
Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	Estaca	27	121	2,4	120-130	2-3
Sauco	<i>Sauco sp</i>	Estaca	12	122	2,5	120-130	2-3

Tabla 12.3.c – Resumen cantidad y dimensiones estacas y plantines en los módulos monitoreados

13. ANALISIS DE TRANSFERIBILIDAD TECNICO-ECONOMICA Y CONCLUSIONES

El *Proyecto de Reducción del Riesgo por Deslizamiento en la Cuenca Alta del Rio Cauca* tuvo tres objetivos principales:

- capacitar mano de obra y técnicos locales en Ingeniería Naturalística;
- analizar la transferibilidad técnica y económica de las principales estructuras de la Ingeniería Naturalística;
- favorir el utilizo de tecnologías ambientalmente amigable y de bajo costo para solucionar problemas de deslizamiento e inundación, también en relación a los cambio climaticos que afectan la cuenca alta del Rio Cauca.

El proyecto fué realizado en colaboración con cinco actores sociales locales que influyen directamente en el desarrollo socioambiental del area: Resguardos indigenas de Puracé, Kokonuko, Poblazón, Quintana y la Asociación campesina ASOCAMPO. La Fundación Procuenca Rio Las Piedras, partner local del proyecto, realiza desde 20 años actividades participativas con las comunidades locales y sus conocimientos del contexto socio-ambiental fueron fundamentales para el éxito del proyecto

Todas las obras se realizaron en ámbito de taludes de carreteras. Se escojeron deslizamientos en las carreteras, de acuerdo con las comunidades locales, que constituyen molestias para el transporte de la población.

El técnico encargado por la Universidad de Florencia de asesorar el proyecto, fué acompañado en su estadia por técnicos de la Fundación Procuenca Rio Las Piedras. A través de esta estricta colaboración con los técnicos y con los maestros de obra locales, se compartieron experiencias y conocimientos. Se realizaron además talleres de capacitación (un taller inicial para obreros, maestros de obra y representantes de las comunidades locales; un taller final para los técnicos de la Fundación); se participò a una conferencia para estudiantes extranjeros y locales con la Fundación Rio Las Piedras y la Universidad del Cauca; se realizaron continuas actividades de capacitación en las obras, según la filosofia del “aprender haciendo”. Se puede comentar que faltò material didàctico en español para mejorar la comprensión de las enseñanzas proporcionadas. Se espera que esta falta sea eliminada para una mejor difusión de la Ingeniería Naturalística en Latinoamerica.

El utilizo de plantas vivas y materiales locales con finalidades técnicas està muy difundido en Colombia. Las dificultades de aprovisionamento de materiales y herramientas (a causa de transportes, costos y dificultades de encontrarlos) impulsan las comunidades locales a utilizar recursos del territorio. Se suelen utilizar plantas en intervenciones de recuperación del suelo y los técnicos y los obreros locales tienen conocimientos profundos sobre el utilizo de material vegetal con esta finalidad. La introducción de la Ingeniería Naturalística en este contexto puede tecnificar estos detallados conocimientos sobre el uso de las plantas para el control de la erosión y la estabilidad de taludes y riberas.

La Ingeniería Naturalística es de echo una disciplina que utiliza las plantas con un enfoque técnico-científico. El clásico ejemplo es lo de los entramados: estructuras de contención por su propio peso. El peso de la tierra de relleno detiene la fuerza de empuje del talud. La estabilidad de un entramado se puede verificar como cualquier estructura de Ingeniería Civil (muros, gaviones, ecc.). El aumento de la cohesión del suelo inducida por una adecuada costipación de las capas de tierra y

por el desarrollo de las raíces de las plantas a lo largo del tiempo, permite la estabilidad del talud con pendientes de 60°, como demostrado por experiencias consolidadas en Europa y Sur America.

En las obras del proyecto se realizaron las siguientes estructuras de Ingeniería Naturalística:

- estructuras de contención (entramados de pared doble y/o entramado con cajon triangular *latino*);
- estructuras de estabilización superficial (emparillado, trinchos y siembra de plantines y estacas)
- intervenciones de control de erosión superficial (cobertura con red de cabuya y estolones, siembra de cespedones)

Se realizaron además sistemas de drenaje someros y profundos, canales de corona y sistemas de manejo del agua de lluvia, según las necesidades de cada obra.

En zonas ganaderas, como las del proyecto, es muy importante el aislamiento de la obra. Esto se realizó con cercas vivas con alambre de pua. En Colombia se suelen aislar pastos, bosques, viviendas, etc. con cercas realizadas con gruesas estacas vivas utilizados como palos verticales.

Los entramados son por cierto una de las tecnologías más importantes y representativa de la Ingeniería Naturalística. El uso de entramados para contener taludes y riberas no está difundido en la cuenca alta del Rio Cauca. Para arreglar deslizamientos se suelen utilizar muros en concreto o gaviones. A menudo se ven obras realizadas solo con gaviones al pie del talud, sin trabajar la ladera por encima (Fotos 13.a). Los entramados se pueden emplear con éxito en el contexto socio-ambiental del proyecto y constituyen una tecnología de Ingeniería Naturalística sustitutiva y/o complementar a estructuras clásicas de la Ingeniería Civil.



Fotos 13.a – Deslizamientos arreglados solo con gaviones en la zona de Popayan (fotos: C. Crocetti)

En Colombia está muy difundido el uso de trinchos como estructuras de estabilización superficial. El esquema de construcción es un poco diferente de lo utilizado en Europa, en particular no se siembran plantas o estacas entre los palos horizontales. Esto depende sobre todo del uso de bambú (caña guadua) a la vez de palos de madera. La guadua es un material muy rectilíneo y uniforme, entonces no quedan huecos entre los palos horizontales de los trinchos. El material vegetal se suele utilizar en forma de estacas, plantines, estolones, cespedones o semillas y se siembra en las terrazas por encima de los trinchos. Se suelen también utilizar estacas vivas como palos verticales plantados en el suelo (Fotos 14.b).



Fotos 13.b – Trinchos en guadua realizados por la Fundaciòn Rio Las Piedras. Utilizo de estacas vivas como palos verticales (izquierda); h rbaceas sembradas en forma de semillas en la terraza de un trincho (centro); terrazas de trinchos y canal central para el manejo de agua (derecha) (fotos: C. Crocetti)

La guadua es un material nativo, muy ligero y resistente, utilizado desde siglos en Sur America en las construcciones. Por cierto puede ser muy util en las estructuras de Ingeniería Naturalistica, pero es necesario profundizar sus conocimiento sobre la durabilidad y sus caracteristicas mecánicas. Los trinchos, así como las otras estructuras, se realizaron con palos de eucalipto sin corteza (pintados con inmunizante para aumentar la durabilidad) sembrando solo la terraza por encima con cespedones, plantines y estacas. Las estacas se sembraron horizontalmente o con un poco de pendiente hacia dentro (así como en los entramados o emparillados), para aumentar la superficie del tallo a contacto con el suelo y entonces la cantidad de nuevas raices producidas por las plantas.

En taludes con pendientes mayores se realizaron emparillados vivos. No se encontraron noticias sobre el utilizo en Colombia de tecnologías parecidas a un emparillado. Los técnicos locales consideraron el emparillado muy util, sobre todo para superar las limitaciones de los trinchos en taludes con pendientes elevadas.

La siembra de plantas h rbaceas en forma de semillas, estolones o cespedones para el control de la erosión superficial es una tecnología muy utilizada en Colombia, así como el uso de redes y mantas orgánicas. La posibilidad de mano de obra local de bajo costo puede favorir el utilizo de estolones y cespedones locales a la vez de semillas. De esta manera se puede disminuir el riesgo de introducir especies exóticas y variedades geneticamente modificadas contenutas en mezcla de semillas comercializadas.

La disponibilidad de material vegetal local es por cierto un punto de fuerza para el desarrollo de la Ingeniería Naturalistica en Colombia. Las comunidades locales abastecieron de las cantidades de materiales vegetales necesarias, encontrando con facilidad cespedones, estolones, semillas estacas y plantines. Hay muchos pequeños viveros locales que producen limitadas cantidades de arbustos y pequeños arboles nativos. Se puede afirmar que el aprovisionamento de plantas no representa un problema, hasta resultar más sencillo con respecto a muchas zonas de Europa.

En las obras se utilizaron arbustos y pequeños arboles nativos en forma de plantines y estacas

ESPECIE	PROPAGACION
<i>Myrica pubescens</i> (laurel de cera)	plantines
<i>Weimannia tomentosa-pubesans</i> (encenillo)	plantines
<i>Alnus acuminata</i> (aliso)	plantines
<i>Baccharis sp</i> (chilco)	plantines
<i>Delostoma roseum</i> (nacedero)	estacas
<i>Sambucus sp</i> (sauco)	estacas
<i>Mimosa quitoense</i> (guarango)	estacas
<i>Erythrina edulis</i> (chachafruto)	estacas
<i>Abutilon "Golden flecee"</i> (farolito)	estacas

Tabela 13.a – Especies arbustivas y pequeños arboles utilizadas en las obras

Se utilizaron también estolones de herbáceas: *Penisetum clandestinum* (quikuyo) y *Brachiaria decumbens* y cespedones de grama natural.

Las comunidades locales también aprovisionaron de madera, piedras (diam. 10-15 cm) y mano de obra (obreros y maestros de obra competentes). Entonces las comunidades locales beneficiaron de buena parte de la inversión económica de las obras. Este aspecto es muy importante en un contexto social de pobreza y desigualdades sociales, como lo de las zonas rurales de la cuenca alta del Rio Cauca. En una obra clásica de Ingeniería Civil la necesidad de maquinarias pesadas, equipos y materiales especiales, llevan a invertir recursos económicos lejos de la zona de trabajo. Por este motivo y sobre todo por las dificultades de encontrar y transportar excavadoras en los sitios de las obras, se utilizó solo mano de obra local para las excavaciones.

El uso de excavadoras en Colombia es menos difundido que en Europa. Para pequeñas obras, tareas sencillas y sobre todo en las zonas rurales se prefiere a menudo utilizar mano de obra, que puede resultar más barata de los costos de alquiler y transporte de excavadoras. En las comunidades locales existe además la posibilidad de convocar *mingas*⁷, para reunir suficientes obreros y realizar las excavaciones preliminares. El uso de maquinarias para excavaciones, normalmente utilizados en Europa, se puede entonces parcialmente reemplazar con mano de obra. Hay pero que tener cuidado sobre dos importantes asuntos: los tiempos de trabajos y la seguridad industrial. Excavar solo con mano de obra requiere más tiempo y expone los obreros a riesgos de derrumbe, sobre todo en estaciones y lugares más lluviosos.

Fuera de una excavadora, una obra de Ingeniería Naturalística necesita de herramientas y materiales muy simples, que se pueden por la mayoría encontrar en la zona de trabajo y transportar sencillamente. El transporte de material es un asunto muy importante que puede afectar mucho los costos de las obras. Utilizando pequeñas volquetas o camioneta de doble o simple cabina, la Fundación Rio Las Piedras entregó a las comunidades locales: materiales ferrosos (clavos, vigas, varillas, pines, alambre de amarre, alambre de pua), inmunizante, red de cabuya, geotextil, estimulante sistema radicular, tubos de drenaje, grava (diam. 1-2”). Se entregaron además generador eléctrico, taladro con brocas para madera y herramientas menores⁸. Se aconseja añadir al equipo base un inclinómetro y jalones, herramientas importantes para medir el sitio de trabajo y las estructuras.

Para completar el análisis de la transferibilidad técnica⁹ se planeó un monitoreo de los plantines y de las estacas sembradas en los entramados, Se recogieron datos sobre ubicación de las especies,

⁷ La *minga* es una antigua tradición de trabajo comunitario o colectivo con fines de utilidad social.

⁸ pala, pica, palin, carretilla, trocero, segueta, serrucho, codal, nivel de burbuja, hilo, cinta métrica, alicate, tijera, machete, martillo (4 lb), maza (10 lb), brochas.

⁹ Analizar tecnologías, materiales, plantas con propiedades bio-técnicas, procedimientos de trabajo y de seguridad industrial que se pueden utilizar en Latinoamérica.

diámetro de base y longitud en tres obras (Puracé, Poblazòn y Quintana). Se monitorearon 192 plantas (182 estacas y 10 plantines) de ocho especies diferentes (Tabla 13.b).

Las estacas de nacedero, guarango y sauco se utilizaron en todas las obras fuera la de Poblazòn substituyendo sauco por chachafruto. En la obra de Quintana se sembrò tambien farolito.

Se sembraron ademàs plantines de aliso, chilco, laurel de cera y encenillo. En Poblazòn solo se sembraron estacas. debido a la dificultad de encontrar plantines. En Quintana se sembraron también plantines pero solo se monitorearon estacas.

Los elechos sembrados en el Resguardo de Quintana (colegio de San Juan) solo tienen finalidades estéticas, segùn una tradición indígena local.

La densidad de siembra de las plantas en los entramados de Poblazòn (estacas) y Puracé (estacas y plantines) fué de 2 ud/ml por piso. En estas obras se sembraron estacas de 120-200 cm de largo y 1-8 cm de diámetro de base. En Quintana se sembraron estacas màs cortas y delgadas (120-130 cm de largo; 2-5 cm diàm. de base), pero con densidad mayor (6 estacas/ml por piso).

En Puracé se monitorearon también plantines (12-32 cm de largo, 0,2-0,5 cm diàm. de base del tallo).

Por cierto sauco, guarango y nacedero se pueden utilizar en la cuenca alta del Rio Cauca (franja de altitud entre 2000-2500 msnm). Son especies presentes en la zona y potencialmente tienen las necesarias propiedades biotecnológicas. El nacedero es una especie muy interesante: segùn la experiencia de los técnicos locales se pueden sembrar estacas de diametro grueso (hasta 8-12 cm) y entonces utilizarlas también como troncos vivos. En la contrucción de cercas vivas se suelen sembrar nacedero y sobre todo lechero (*Euphorbia lactiflua*). Esta última especie tiene raíces poco profundas y por esto, de acuerdo con los técnicos locales, no se utilizò en las obras.

Para monitorear el desarrollo de la vegetaciòn en futuro harà que anotar periodicamente las plantas muertas y medir periodicamente diámetro y longitud de los plantines y de los retoños màs grande de cada estacas. Es necesario también monitorear el desarrollo de los estolones de herbàceas y cespedones de grama natural.

Con el monitoreo se pueden conseguir importantes informaciones sobre especies y tamaños ideales. El monitoreo es importante también para efectuar de la manera ideal las acciones de manejo y mantenimiento, asì como indicado en los capitulo 9 y 12 (*Fichas de las obras y Manejo y Monitoreo*).

Nombre común	Nombre científico	Propagaciòn	Cantidad	Promedio altura (cm)	Promedio diámetro base (cm)	Longitud MIN-MAX (cm)	Diámetro base MIN-MAX (cm)
Nacedero	<i>Delostoma roseum</i>	Estaca	86	159	3,3	120-262	2,0-8,0
Saucu	<i>Saucu sp</i>	Estaca	28	126	2,7	57-169	1-6
Guarango	<i>Mimosa quitoense</i>	Estaca	28	177	3	120-200	2-6
Chachafruto	<i>Erythrina edulis</i>	Estaca	13	186	3	180-200	2-6
Farolito	<i>Abutilon "Golden flecee"</i>	Estaca	27	121	2	120-130	2-3
TOTAL			182				
Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	Plantín	6	16	0,5	29-32	0,3-0,5
Laurel de cera	<i>Myrica pubescens</i>	Plantín	3	15	0,3	12-19	0,2-0,3
Encenillo	<i>Weimannia tomentosa pubesans</i>	Plantín	1	18	0,2	18	0,2
TOTAL			10				

Tabla 13.b – Resumen de los datos de monitoreo por especie

Para el estudio de transferibilidad económica¹⁰ se realizaron análisis de costos de las estructuras de Ingeniería Naturalística (entramado vivo de pared doble y de cajón triangular – *latino*, emparillado vivo, trinchos vivos y cobertura con red de cabuya y estolones) y del sistema de drenaje somero (filtro principal y secundario, fajas muertas para drenajes). El costo por metro cúbico de entramado doble es de alrededor 120.000 \$/m³, el costo de entramado *latino* 95.000 \$/m³. Se puede comentar que los costos de los entramados resultan competitivos en comparación a lo de los gaviones (150.000-200.000 \$/m³).

Las tablas elaboradas revelan que un alto porcentaje de los costos depende de la mano de obra (promedio 18%). Esta es una característica de las estructuras de la Ingeniería Naturalística y la realización de excavaciones con mano de obra aumenta este porcentaje.

La madera es el material que más afecta el costo de una estructura de Ingeniería Naturalística (promedio 21%), por esto es muy importante conseguir madera de calidad y de bajo costo.

Además que la madera las comunidades locales abastecieron también el material vegetal y las piedras. Sumando los costos de la mano de obra, de la madera y de los otros materiales locales (material vegetal, piedras y red de cabuya) se alcanza el 48,5% de los costos totales. Este porcentaje representa la cantidad de dinero invertido en las obras que benefició directamente las comunidades locales. A este porcentaje se pueden añadir los costos de seguridad social y aportes (promedio 14%) que indirectamente benefician las comunidades locales.

Estos asuntos socio-económicos representan por cierto un importante punto de fuerza para un proyecto internacional de desarrollo.

Por fin se puede concluir que las tecnologías de Ingeniería Naturalística se pueden aplicar en el contexto socio-económico-ambiental de la cuenca alta del Río Cauca: hay abundante disponibilidad de plantas con las necesarias características biotécnicas; los costos son competitivos; sus usos pueden tener importantes beneficios económicos para las comunidades locales.

¹⁰ Análisis de los costos y comparación con precios de estructuras equivalentes de la Ingeniería Civil

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. (1995) *NORMAS TECNICAS PARA EL CONTROL DE EROSION*; Corporación Autónoma Regional para la de de la Meseta de Bucaramanga (CDBM). Bucaramanga.
- AA. VV. (2006) *PLAN DE ORDENACION Y MANEJO DE LA SUBCUENCA RIO MOLINO-PUBUS*; Corporación Autónoma Regional del Cauca y Fundación Procuencia Rio Las Piedras. Popayan.
- AA. VV. (2006) *PLAN DE ORDENACION Y MANEJO DE LA CUENCA DEL RIO LAS PIEDRAS*; Fundación Procuencia Rio Las Piedras. Popayan.
- AA. VV. (2009) *GRATA VIVA*; Gruppo Promotore AIPIN-Abruzzo y Riserva Regional Genzana Alto Gizio. Pettorano sul Gizio (AQ).
- AA. VV. (2010) *PALIFICATA LATINA*; Gruppo Promotore AIPIN-Abruzzo y Riserva Regional Calanchi di Atri. Atri (TE).
- AA. VV. (2010) *BUENAS PRACTICAS DE MANEJO AMBIENTAL DESARROLADOS EN LA CUENCA RIO LAS PIEDRAS PARA ADAPTACION AL CAMBIO CLIMATICO*; Fundación Procuencia Rio Las Piedras. Popayan.
- CORNELINI P., SAULI G. (2005) *MANUALE DI INDIRIZZO DELLE SCELTE PROGETTUALI PER INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA*. Progetto Operativo Difesa del Suolo-Ministero Ambiente e Territorio. Roma.
- CORNELINI P. (2006) *LA PALIFICATA VIVA LATINA*; ACER n. 6/07 pp 61-65, Il Verde Editoriale.
- CROSETTI C. (2009) *PROGETTAZIONE AMBIENTALE ED INGEGNERIA NATURALISTICA – PRINCIPALI TECNICHE DELL’INGEGNERIA NATURALISTICA – PROGETTAZIONE DI INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA*, Folletos del curso en “Progettazione ambientale e Ingegneria Naturalistica” de la carrera en “Progettazione e Gestione dell’Ambiente” de la Universidad de la Tuscia (Viterbo) y de la Universidad La Sapienza (Roma) (a.a. 2009/2010).
- FERRARI R. (2006) *QUADERNI DI CANTIERE: VOL 1 RIVESTIMENTO VEGETATIVO CON RETE METALLICA ZINCATA E BIOSTUOIA*; Regione Lazio. Roma.
- FERRARI R. (2006) *QUADERNI DI CANTIERE: VOL 5 GRATA VIVA*; Regione Lazio. Roma.
- FERRARI R. (2006) *QUADERNI DI CANTIERE: VOL 6 PALIFICATA VIVA DOPPIA*; Regione Lazio. Roma.
- FERRARI R. (2008) *QUADERNI DI CANTIERE: VOL 15 PALIZZATA VIVA*; Regione Lazio. Roma.
- PETRONE A. (2008) *LA INGENIERIA NATURALISTICA: TECNICAS AMBIENTALMENTE AMIGABLE Y DE BAJO COSTO PARA LA MITIGACION DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTO E INUNDACION Y LA RECUPERACION AMBIENTAL*; DEISTAF-Universidad de Florencia; Folletos conferencia Popayan 14 Diciembre 2010.
- SAULI G. (2006) *LINEE GUIDA PER CAPITOLATI SPECIALI PER INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA*; Progetto Operativo Difesa del Suolo-Ministero Ambiente e Territorio. Roma.
- SAULI G., CORNELINI P., PRETI F. (2006) *MANUALE DI INGEGNERIA NATURALISTICA VOL. III – SISTEMAZIONE DEI VERSANTI*; Regione Lazio. Roma.
- SCHIECHTL H. M. (1973) *BIOINGEGNERIA FORESTALE*; Edizioni Castaldi. Feltre.
- SCHIECHTL H. M. (1992) *I SALICI NELL’USO PRATICO*. Ed. Arca.
- SCHIECHTL H. M., STERN R. (1992) *INGEGNERIA NATURALISTICA. MANUALE DELLE OPERE IN TERRA*; Ed Castaldi. Feltre.
- ZEH H. (2007) *INGENIERIA BIOLOGICA-MANUAL TECNICO*; FEIP-Federación Europea de Ingeniería del Paisaje. Zurich.