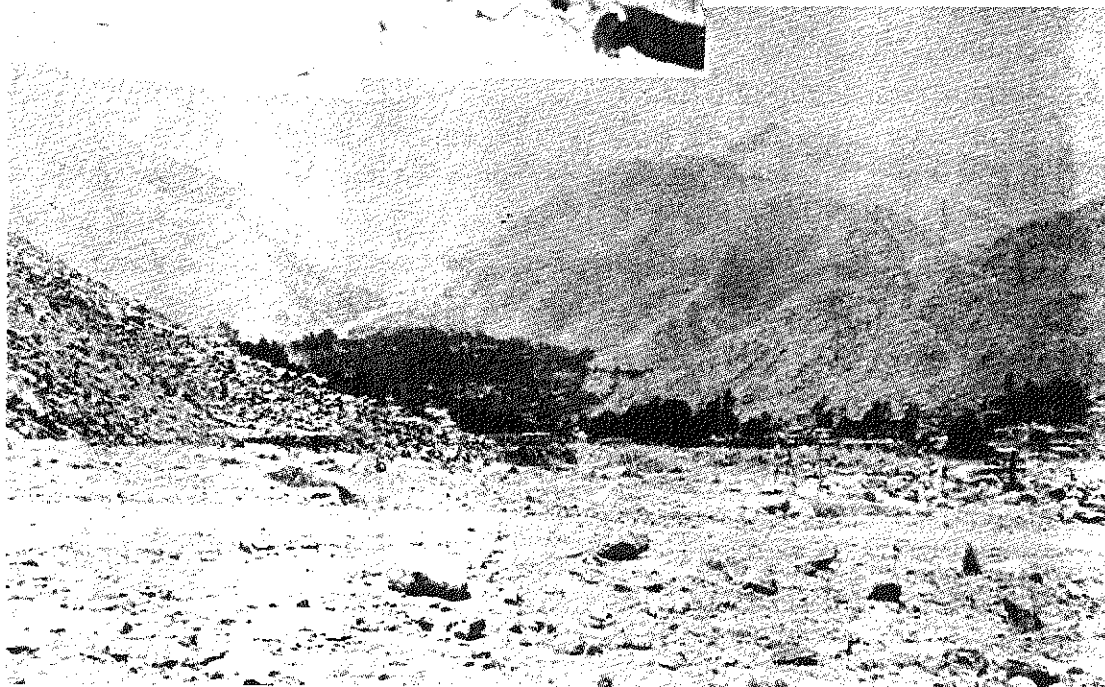




Foto 3. Escarpa del cauce medio, con zona de derrumbe por zocavación del pie del talud vertical; las grietas de tensión en el extremo de la terraza aceleran los desprendimientos por el riesgo de una florestación mal usada en estabilizar zonas críticas.

Foto 4. Vista de Quirio parte media, apréciase el contraste de las diferentes pendientes a la izquierda de un coluvial sobre la roca, a la derecha el intrusivo de grobo diorita, y al centro y parte inferior, la terraza aluvional antigua erosionada. Al fondo, el torrente de la Cantuta (margen izquierda del río Rímac)



con cortes y rellenos, así como las cimentaciones superficiales, no presentan las mejores condiciones de estabilidad y requieren, por consiguiente, un estudio local para conocer su nivel de peligro y, posteriormente, analizar y calcular cada caso, con criterios de mecánica de roca y/o suelos residuales.

Metodología

Aun cuando se aproveche la experiencia anterior, una metodología no es efectiva si no se ajusta a la realidad de las condiciones locales. Se es más consecuente si la experiencia es sacada del propio fenómeno y de sus características naturales, como son, por ejemplo, los huaicos del Perú. En Chosica no se tiene referencia sobre alguna planificación que use el método de la zonificación. La estabilidad de laderas, por su alta peligrosidad, se estudia en Quirio por primera vez, con una metodología apropiada.

Trabajamos un esquema coherente y planificado. Desde el inicio se previó el tipo de levantamiento topográfico aparente de 1:2000 a 1:5000, que permite hacer geotecnia. Esta es la primera diferencia del nivel y calidad del estudio e investigación frente a otros intentos efectuados en la zona de Chosica y en la cuenca del Rímac.

Definido el nivel del estudio, el enfoque priorizó el análisis de toda la subcuenca y no de una parte -como es el cono deyectivo- para analizar el peligro del asentamiento humano. Esta es otra diferencia importante que permite que cualquier investigación geotécnica sea posible en el futuro. Para conocer y evaluar la zonificación del peligro de los desastres naturales, en Chosica el huaico sigue siendo la máxima preocupación entre los fenómenos destructivos esperados, como las inundaciones y los sismos.

Después de un análisis de las diferentes tecnologías y metodologías usadas internacionalmente (UNESCO, 1976; Arnould y Frey, 1978), encontramos que a las condiciones de Quirio se adecúan los datos y hojas del mapa geológico a escala 1:2000 usado como base de la evaluación y representado en la figura 1 a escala 1:25000.

Lo recomendable es adecuar y evaluar el método del sistema de puntos, usado por los austríacos, que dispone:

- a. Un cuestionario concerniente al fenómeno.
- b. Un número de puntos variables atribuidos a cada respuesta.

En el primer caso, el fenómeno es la estabilidad de taludes en rocas, suelos residuales, coluviales y aluvionales, que en Quirio se originaron principalmente en la granodiorita y el gabro.

En el segundo caso los puntos variables son los diferentes factores que pueden contener un parámetro. Para las rocas y suelos de las laderas de Quirio los siguientes son los más representativos:

Pendiente o factor (S), complejidad de la pendiente (C), contenido de arcilla (P), contenido de humedad (W), donde (S, C, P, W) varían entre (1, 2, 3) y para el uso del suelo expresado por U, varía entre (1, 1.25, 1.5). Estos factores se dan como un índice del riesgo del deslizamiento R, expresado por la ecuación:

$$R = (S + 2C) (P + 2W) U \dots \dots \dots (1)$$

En el caso de Quirio es necesario destacar que otros dos factores son considerados. En primer lugar, aquel debido al sistema de diaclasamiento, expresado por la mayor tendencia de una de las diaclasas, que hace más desfavorable la actual estabilidad. En segundo lugar, la meteorización y/o presencia de suelos residuales en las laderas relacionan la posición de las diaclasas y el grado de meteorización y/o suelo residual variando también entre (1, 2 y 3).

En el cuadro 1 presentamos los diferentes pares de factores indicando su variación, denominación, rango y coeficiente afectado. Ha sido necesario adecuar, analizar y definir rangos de las mediciones, valores y parámetros, registrando los pares de factores en el plano geológico. Para lograr este propósito se requirió hacer mediciones complementarias.

CUADRO 1							
Evaluación geotécnica de los taludes							
Factor	(S,C)		(P,W)		(J,A)		U
Tipo	Pendiente	Complejidad	Arcilla	Humedad	Posición de diaci.	Alter. de roca	Uso de suelo
Índice	(S)	(C)	(P)	(W)	(J)	(A)	(U)
1	5 - 25	Uniforme	Nula o poca	Seca o poca	Estable	Sana	1.00
2	25 - 45	Intermedia	Media 10%	Intermedia	Intermedia	Meteorizada	1.25
3	45	Complicado	Alta 10%	Chaparrón	Inestable	Suelo Residual	1.50

Los factores son tomados por partes.

Las condiciones topográficas, así como su complejidad, están indicadas por las pendientes de las laderas, expresadas como (S,C), valores a tomar de los datos y/o de las curvas de nivel de los planos topográficos (escala 1:2000).

A partir de la clasificación internacional que es de cinco tipos dados en porcentaje de pendiente, Martínez (1982) ha hecho una adaptación de valores a los deslizamientos, considerando los rasgos geomorfológicos en el cuadro 2.

CUADRO 2				
Tipo	%	Grados	Términos	Rasgos geomorfológicos
1	5	3	Pequeño	No hay. Corresponde a grandes áreas
2	5 - 15	3 - 9	Poca	No hay evolución geomorfológica
3	15 - 45	9 - 24	Mediana	Áreas propensas a deslizarse
4	45 - 100	24 - 45	Mucha	Zona con potencial de deslizamiento
5	100	45	Considerable	Áreas críticas, inestables

Los rusos aplican las pendientes de la superficie del área de deslizamientos en vías de comunicación, es decir, aquellas que han fallado. Según Zvonkova (1959) atribuye a Savarraskif Popov (1935); el cuadro 3; Wittke (1967) y Lumb (1962) estudian los deslizamientos por diaclasamiento; Patton y Deere (1970) en diaclasas rellenas con arcillas.

CUADRO 3		
Tipo	Término	Pendiente (S) Grados
A	Muy suave	5
B	Suave	5-45
C	Empinada	45

Zonificación de laderas

Con las referencias de la metodología, según las condiciones locales de Quirio, se han calculado los datos de los distintos factores registrados en 120 pares e indicados en el plano geológico.

Se han tenido presentes los diferentes depósitos coluviales y torrentes secundarios en las laderas y su influencia con la zona poblada, limitada por el canal de UTAPP y el límite máximo que los huaicos han alcanzado.

Un análisis de los factores de la fórmula (1) da para la combinación: $(S,C) = (S + 2C)$, un máximo teórico $(3,3) = 3 + 2 \times 3 = 9 < 8$ (10 puntos de los valores real máximo evaluado).

Mínimo $(1,1) = 1 + 2 \times 1 = 3$ (3 puntos)

Promedio $(8 + 3)/2 = 5.5 = 6$ (28 puntos)

Finalmente encontramos:

Máximo ...R máx = $8 \times 9 \times 1.5 = 108 > 72$ (valor máximo evaluado)

Mínimo ...R mín. = $3 \times 7 \times 1.0 = 21 < 28$ (valor mínimo evaluado)

Promedio..R prom= $8 \times 6 \times 1.25 = 60 > 54$ (valor máximo evaluado)

En esta metodología, por el tipo y característica de las rocas predominantes, son recomendables valores críticos de R (entre 50 y 60), considerando que existen pocos valores de 81 y que el valor crítico más cercano es 60. Este será el límite superior; el inferior es más razonable con el encontrado de 28. Si lo hacemos de 30, tenemos el cuadro 4 para la clasificación (válida sólo para la subcuenca de Quirio).

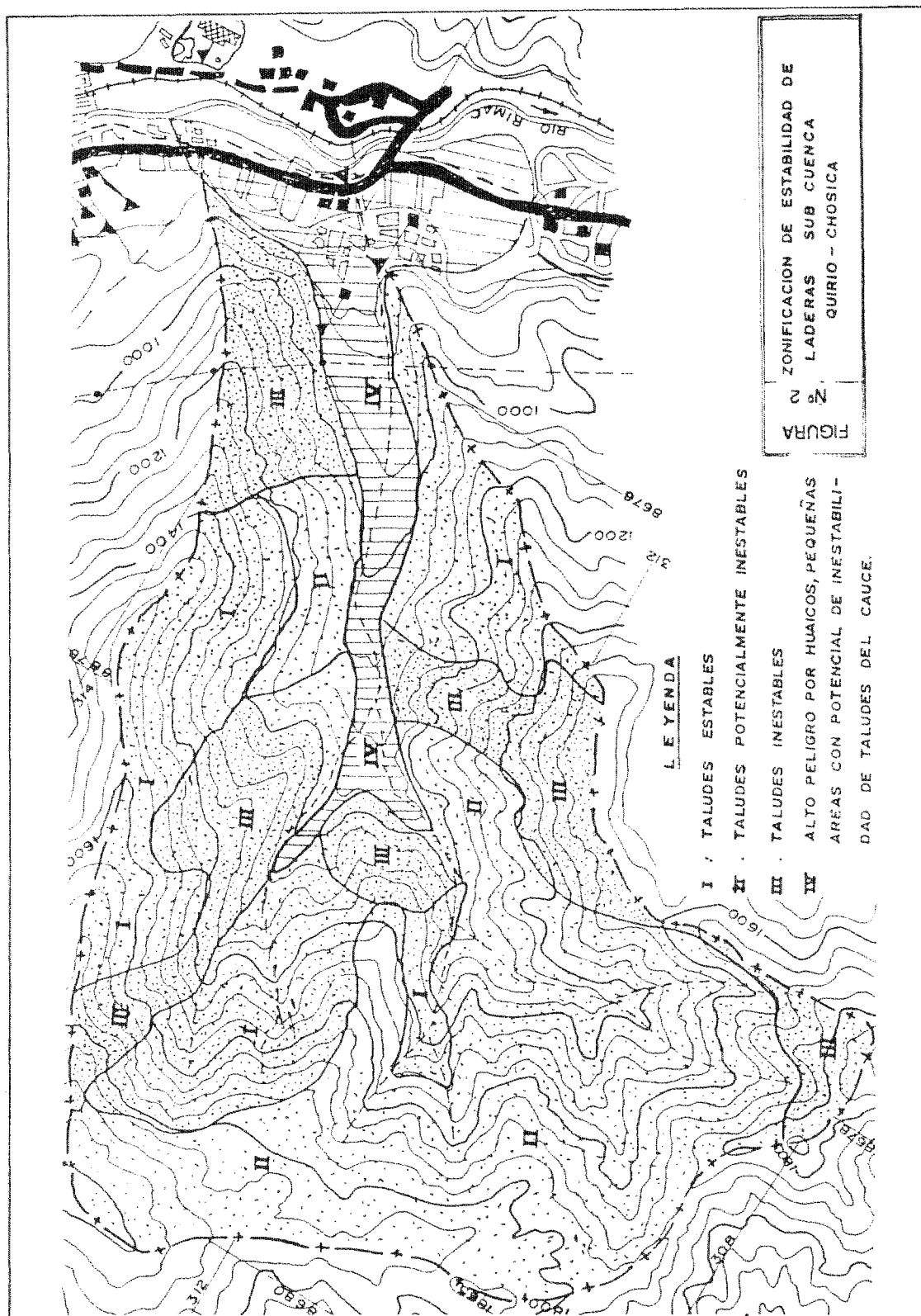
CUADRO 4		
Zona	Término	R
I	Estable	30
II	Potencial de inestabilidad	30 a 60
III	Inestabilidad	60

En el plano en 1:2000 se trazan las zonas de laderas usando la clasificación del cuadro 4, que representa a más de 100 pares de factores que se registran y permiten calcular los valores de R y analizar sus parámetros según el cuadro 5. Además se han completado las apreciaciones del par (J,A) del diaclasamiento y alteración de la roca, considerando que Bishop y Bjerrom (1960) encuentran granito descompuesto o derrubios granulares que están encima del nivel freático.

CUADRO 5								
Zona	Puntos	% C	P	A	S	J	Potencial	Complementario
I	12,5	93	86	86	02	8	C (95)	J.P.A. (86)
II	80	32	54	53	90	06	S (90)	P. a. (54,53)
III	7.5	28	44	44	11	60	C (78)	P.A. (44)

Zonificación de areas aluvionales

Hemos dejado para el final la condición de estabilidad de los sedimentos cuaternarios. No aplicaremos los índices de estabilidad de sedimentos ni de estabilidad de pendiente (Arnould y Frey, 1978) en el material del cono torrencial, ya que este tipo de depósitos corresponde mayormente a huaicos o torrentes secundarios, de por sí más activos y de estabilidad - en caso de huaico- más riesgosa. Por ello esta clase



de depósitos requiere una microzonificación especial de mayor detalle. Sin embargo, consecuentemente con el nivel y el criterio de zonificación de estabilidad de talud de toda la sub-cuenca, se considera que el área de los depósitos aluvionales es más inestable que las laderas, correspondiéndole la zona IV. De este modo, una planificación integral es posible, como se muestra en la figura 2

Conclusiones

1. La metodología del sistema de puntos, en Quirio, ha mostrado que los parámetros topográficos, geológicos y geomorfológicos han incidido en la definición de las zonas.
2. Es posible incorporar otros parámetros como mecánica de suelos y rocas en su estado de alteración, contenido de arcilla y humedad, que mejoran los resultados. Sin embargo, un conocimiento de la zona puede dar apreciaciones con base en las características extremas y encontrar zonificaciones aceptables para fines de planificación.
3. Será necesario efectuar una micro zonificación del sector aluvional de la zona IV, que permita dar lineamiento, definición, ubicación de obras de prevención, protección y defensa contra los futuros huaicos.

Recomendaciones

1. Sobre la base de esta zonificación, efectuar una micro zonificación de la zona IV, incluyendo otros parámetros sobre su peligro y riesgo futuro.
2. Los datos y parámetros encontrados sólo son válidos para las laderas de la subcuenca de Quirio-Chosica, Lima-Perú.
3. Esta zonificación es la base para mejorar otras, siempre que se disponga de información, propiedades y parámetros-medidas en sus laderas.